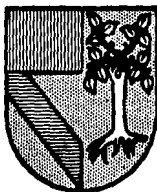


308917
14
24



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

**CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**PROPUESTA PARA EL REDISEÑO, ENSAMBLE Y
PRUEBA DE LA VALVULA DE COMPUERTA TIPO
FLEX-SEAL A BASE DE MAQUILADORAS PARA
SUSTITUCION DE IMPORTACIONES**

**TESIS CON
FALLA LE OR.GEN**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INGENIERIA MECANICA**

P R E S E N T A

JOSE MANUEL GERARDO MARTINEZ CUE



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE.

INTRODUCCION.

CAPITULO 1.

Breve Descripción del Proceso de extracción del Crudo en un Pozo Util.

1.1 Exploración.

1.1.1 Método Magnetométrico.

1.1.2 Método Sismográfico.

1.1.3 Método Gravimétrico

1.2 Equipo de Perforación.

1.2.1 Soporte, Estructura y Elevación.

1.2.2 Sistema Rotatorio.

1.2.3 Sistema de Circulación.

1.2.4 Sistema de Generación y Transmisión de Potencia.

1.2.5 Sistema de Prevención de Reventones.

1.3 Producción.

1.3.1 Separación de los Fluidos de Formación.

1.4 Uso de la Válvula Flex-Seal en un Equipo de Perforación.

CAPITULO 2

La válvula Flex-Seal: Descripción Detallada, Rediseños Propuestos y fabricación de Partes.

2.1 Normas.

2.2 Procesos de Manufactura Utilizados.

2.2.1 Proceso de Fundición a la Cera Perdida.

2.2.2 Proceso de Forja.

2.3 Descripción de las Partes y Rediseños Propuestos.

2.3.1 Volante.

- 2.3.2 Compuerta.
 - 2.3.3 Tuerca de Vástago.
 - 2.3.4 Bonete.
 - 2.3.5 empaque de Vástago.
 - 2.3.6 Anillo de Empaque.
 - 2.3.7 Cuerpo Superior e Inferior.
 - 2.3.8 Pernos del Cuerpo.
 - 2.3.9 Tuercas de Capuchón.
 - 2.3.10 Empaque de Compuerta.
 - 2.3.11 Plato de Desgaste.
 - 2.3.12 Extremo Roscado ó Bridado.
 - 2.3.13 O-Rings.
 - 2.3.14 Tazas para Balero.
- 2.4 Resumen del Rediseño de Algunas Partes a Partir de las Originales.
 - 2.5 Distribución de Locales para Procesos Finales.
 - 2.6 Proceso de Ensamble de la Válvula Flex-Seal.
 - 2.7 Herramienta para Ensamble Utilizada.

CAPITULO 3.

Control de Calidad y Diseño de un Banco de Pruebas para Altas Presiones y Equipo Adicional Necesario.

- 3.1 Introducción. Control de Calidad en la Empresa.
- 3.2 Problemas de Manufactura. Captación y Solución.
- 3.3 Tipos de Pruebas a Realizarse a Altas Presiones.
- 3.4 Diseño del Banco de Pruebas.
- 3.5 Construcción de un Local Adecuado.
- 3.6 Componentes Constitutivos del Banco de Pruebas.
- 3.7 Equipo Adicional Auxiliar Necesario para Banco de Pruebas.

- 3.8 Resumen de Puntos Críticos para Prevención de Posibles Fugas en la Válvula.
- 3.9 Control Estadístico de Calidad.

CAPITULO 4.

Justificación económica del Proyecto de fabricación para la Válvula Flex-Seal.

- 4.1 Camino Crítico y Gráfico de Gantt.
- 4.2 Concentrado de Costos Unitarios por Partes y Costos de Moldes y Herramental.
- 4.3 Costos Fijos.
- 4.4 Índices de Precios, Inflación y Tazas de Interés Bancarias Vigentes Durante el Periodo del Proyecto.
- 4.5 Valor Futuro del Total de Erogaciones Efectuadas y Utilidad del Proyecto.

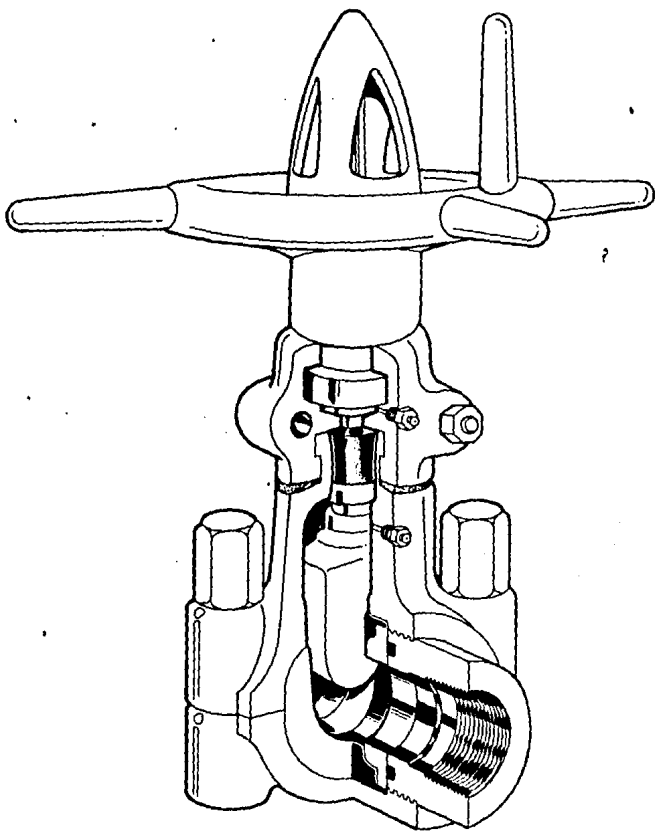
Lista de Proveedores y Maquiladores Propuestos para la fabricación de Partes.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

BIBLIOGRAFIA.

ANEXOS Y TABLAS.

- ANEXO I. Relación de Materiales Utilizados en partes de la Válvula.
- ANEXO II. Tratamientos Térmicos a Metales. Tablas de Análisis Químicos y de Conversión.
- ANEXO III. Hoja de Registro para el Gráfico de \bar{X} y R.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

VALVULA FLEX-SEAL

TESIS PROFESIONAL

I. M. E.

MANUEL
MARTINEZ CUE

ESC. SIN

ACOT. PULG.

No 27

INTRODUCCION.

La válvula flex-seal de tipo compuerta es un mecanismo que se utiliza en equipos en general que trabajen con rangos de presión considerables; en concreto, está diseñada para fluctuaciones muy amplias a presiones muy elevadas. El presente trabajo explicará el proceso de implementación de ésta válvula de acuerdo a los requerimientos y necesidades del equipo común de perforación en el campo petrolero mexicano.

El diseño original de ésta válvula es de una firma Norteamericana denominada Cameron Ironworks. El diseño propiamente no es nuevo y desde que ha salido el primer prototipo se han hecho un sinnumero de modificaciones de manera que se han mejorado en una buena proporción sus condiciones de funcionamiento a la fecha. De hecho un objetivo que se persigue en éste trabajo es proponer un rediseño de ésta válvula en algunas de sus partes componentes.

Siendo que el diseño y por lo tanto la patente de la flex-seal fueron definidas hace ya tiempo, actualmente ésta marca ha pasado al dominio público por lo que se propuso y se combino en fabricarla aquí en México.

Se quiere recalcar que no por el hecho de "copiar" una válvula o en general cualquier otro producto ya existente en un mercado, represente ésto un papel menos difícil que el diseñarla y luego fabricarla. Por el contrario, podriamos decir que cualquier empresa que ahora se dedicase a copiar un producto original que requiera una exactitud dimensional considerable, con seguridad se encontraría diferencias en uno u otro producto, que aunque, estas diferencias no fuesen de consideración suficiente para que el producto fuera rechazado por estar fuera de normas reguladoras, serían fácilmente perceptibles en un exámen calificador estricto. Esto se debe primordialmente al hecho de que, con mucha seguridad, una ú otra empresa, tengan proveedores distintos que aunque en esencia, ofrezcan un mismo producto, cualitativamente hayan diferencias; ésto por un lado, por el otro, los procesos de fabricación, ya sea que la empresa tenga sus propios medios ó mande maquilar las piezas por otro

lado, son necesariamente distintos de una a otra, pues por el hecho de que se utilicen maquinaria diferente, éstas ofrecen distintos grados de exactitud y calidad en los terminados de la pieza; es decir, la precisión que podamos obtener de un torno de control manual y convencional, cuya precisión está regida por instrumentos de medición ajenos al torno mismo; es decir, éstas mediciones son hechas por el mismo operario de la máquina en cuestión que por su calidad de persona humana es propenso a equivocarse, al menos con mas error que una máquina cuyos mecanismos reguladores de la precisión de la pieza que esté fabricando o maquinando sean mas exactos. Otro factor que altera considerablemente éstos parámetros, es el mismo factor humano del que ya se hablaba; es decir, no podemos prescindir de la preparación técnica que una persona posee para efectos de obtener resultados adecuados ya preestablecidos. En éste punto no solo interviene el uso del conocimiento del especialista en la máquina que está maquinando, sino hay que considerar aspectos mas profundos en los que intervienen conceptos como calidad humana de la persona, actitud hacia con la empresa, eficiencia personal, etc..

El título de la tesis propone el Rediseño, Manufactura, Ensamble y Prueba de la válvula flex-seal.

El objetivo inmediato de la tesis es la de aprovechar la capacidad ya instalada de muchas empresas maquiladoras con equipos sofisticados capaces de dar alta calidad al acabado de cada una de las piezas. Esto presuponia el formar un directorio de proveedores cuyos procesos satisficieran las necesidades y requerimientos de la empresa y ante todo de la válvula. Sin embargo, se tiene un local donde se reciben todas las piezas maquinadas, se observan dimensionalmente, se almacenan y se ensamblan válvulas según fueran requiriéndose por el cliente. Se cuenta con tres cuartos para dar procesos finales a las válvulas: Sand-blast, prueba de presión y pintura, así como mesas de trabajo, la herramienta convencional, instalaciones para aire comprimido que se

usa en los tres procesos y para el ensamble.

La idea de las maquiladoras, aunque no es nueva, se está considerando actualmente con la crisis que está pasando el país. Muchas empresas nuevas, debido a la incertidumbre de un mercado potencial, están utilizando capacidad instalada existente prefiriendo ésta opción a la de invertir en activos fijos que significarían por otro lado una inversión mucho mayor y en una recuperación de la inversión, en tiempo mas largo. De ésta manera, se ayuda a la economía dando trabajo a otras empresas, no se tienen problemas de personal, pues el numero contratado no sería mucho y la responsabilidad se comparte con los proveedores en el sentido de poderles exigir mejores resultados en sus maquilas y en la calidad del producto mismo.

Debido a que la válvula es herramienta que se utiliza fundamentalemtne en los equipos de perforación para la extracción de hidrocarburos, el cliente y comprador de la válvula en México es Petroleos Mexicanos. Hasta antes de comprarla a hacer aquí en México, PEMEX la importaba de los Estados Unidos, lo cual representaba hacer un gasto en dolares, que cada vez que se compraban representaba un mayor gasto en pesos mexicanos, debido al deslizamiento de nuestra moneda. Aparte de ésto, el cliente tenía que invertir en gastos de traslado, permisos de importación, transporte y mantenimiento en el campo por gente del extranjero que cobran en dolares y resultaba un gasto, en general, de consideración. La formación de una empresa, de la cual deriva ésta tesis, que se encargara de la manufactura de ésta válvula en todas sus medidas, llegó a ser casi un requerimiento indirecto del cliente mismo, para que se invirtiera y se fabricara 100% en nuestro país y dejar de comprarla a los Estados Unidos.

Con respecto al capitulario propuesto, podemos resumir lo siguiente:
En el primer capítulo se verán básicamente, generalidades teóricas sobre el proceso de perforación en sus varios aspectos y sobre el uso físico que se le

da a la válvula flex-seal en un equipo de extracción de crudo.

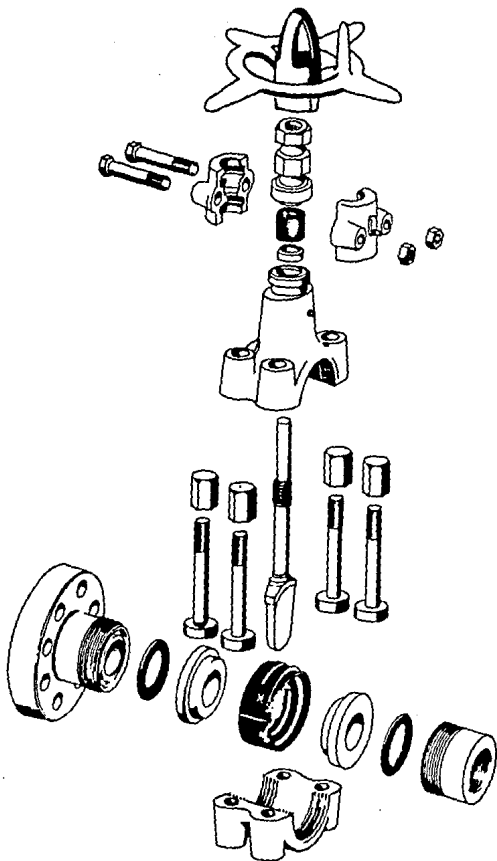
El segundo capítulo tratará detalladamente el despiece de la válvula, describiendola por partidas y considerando los cambios en el diseño propuestos.

En el tercer capítulo se hará una propuesta de un banco de pruebas para altas presiones, de un local apropiado para el mismo, tipos de pruebas a realizarse, control de calidad y herramienta necesaria para llevar a cabo el mismo.

El cuarto y último capítulo detalla la opción económica y factibilidad para la fabricación en México de la válvula flex-seal. se integran costos fijos y variables, índices de inflación, gráficos de Gantt y flujos de efectivo que daran pie a averiguar si es viable el proyecto como inversión y negocio.

Finalmente, se integran al capitulario las conclusiones y perspectivas donde se analizará brevemente, los resultados obtenidos y el futuro del mercado, anexos y tablas técnicas útiles.

Se hace hincapié que durante el desarrollo de la tesis se utilizaron anglicismos en cuanto a la descripción de equipo de perforación que solo es posible identificarlo en el medio petrolero bajo el nombre en Inglés y cuya traducción textual carecería de sentido y posiblemente confundiría al lector acostumbrado a los términos usuales.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERÍA

VALVULA FLEX-SEAL. DESPIECE

TESIS PROFESIONAL

I.M.E.

MANUEL
MARTÍNEZ CLUE

ESC SIN

ACOT. SIN

No. 28

C A P I T U L O 1

BREVE DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL CRUDO EN UN POZO UTIL

1.1 EXPLORACION.

La Geofísica es el estudio de la física de la Tierra. Los métodos geofísicos de exploración aplican la geofísica y las técnicas geofísicas para poder determinar la localización de los yacimientos petroleros subterráneos que pudiesen tener alguna importancia comercial. La contribución de esta ciencia es la de poder facilitar los elementos precisos para la posible explotación de un yacimiento. Se utilizan tres métodos geofísicos básicos:

- 1) Magnetometría.
- 2) Métodos Sismográficos.
- 3) Método Gravimétrico.

1.1.1 METODO MAGNETOMETRICO.

El método provee una medida de la intensidad del campo magnético de la Tierra. Los levantamientos magnetométricos bosquejan un mapa rudimentario de la base de una secuencia sedimentaria (o basamento). La mayor parte de los levantamientos magnetométricos son de tipo marino (se utilizan lanchas) o aéreos (efectuados desde un avión).

1.1.2 METODO SISMOGRAFICO.

Este método emplea un sismógrafo de reflexión que registra las ondas de sonido reflejadas por los lechos subterráneos. Las ondas de sonido son producidas en la superficie o cerca de ésta, mediante una fuente de energía, tal como la dinamita, un golpe violento contra la superficie, una explosión de gas o por un equipo que haga vibrar la superficie de la Tierra. La onda de sonido reflejada es registrada en un detector, denominado geófono, el cual transmite la información al camión registradores en la superficie.

1.1.3 METODO GRAVIMETRICO.

Un levantamiento de gravimetría provee las medidas de las vibraciones gravitacionales de la Tierra. Bosqueja un mapa que indica la distribución de den-

-sidades debajo de la superficie de la Tierra. Cuanto mas profundos son los lechos, son normalmente mas densos y por lo tanto con el levantamiento gravimétrico se puede inferir la configuración de los distintos lechos.

Una vez que se utilizaron alguno de éstos tres métodos para suponer que se haya encontrado algún lecho subterráneo, se interpretan los resultados obtenidos por éstos métodos. Esta interpretación se llama estratigrafía y ayuda a desarrollar una secuencia litológica precisa cuyos resultados daran al geologo y al estratigrafista, mas medios para conocer las características de las rocas que se analizan.

1.2 EQUIPO DE PERFORACION.

La perforación es la fase en la cual se implanta toda clase de equipo necesario en una determinada area y se excava para encontrar el hidrocarburo en cuestión. Las operaciones modernas de perforación rotatoria tienen como objetivo principal, el de perforar un hueco de la manera mas segura hasta penetrar la formación donde se espera encontrar el hidrocarburo liquido o gaseoso. este hueco denominado "hueco perforado", se reviste con tubería especial (tubería de revestimiento ó T.R.) y una vez perforado y revestido, se pone en contacto la formación petrolífera con la superficie, permitiendo la recuperación del petroleo o gas.

Las operaciones de perforación se llevan a cabo mediante el uso de equipos complejos y altamente sofisticados, cuyo conjunto se denomina "Taladro Rotatorio Moderno de Perforación". esta unidad se compone de cinco sistemas principales:

- 1) Soporte Estructural y Elevación.
- 2) Sistema Rotatorio-
- 3) Sistema de Circulación.
- 4) Sistema de Generación y Transmisión de Potencia.
- 5) Sistema de Prevención de Reventones.

1.2.1 SOPORTE, ESTRUCTURA Y ELEVACION.

Este sistema consta principalmente de un armazón metálico que parece una torre que sostiene el conjunto de maquinarias y equipo y el equipo especializado de elevación que se utiliza para elevar, bajar y sus pender la sarta de perforación. El sistema de soporte estructural consiste de:

- a) La Subestructura.
- b) El piso de Taladro.
- c) Torre de Perforación.

La subestructura es un armazón que sirve de base al mástil o torre. Su función es la de proporcionar areas de trabajo a cuadrillas de perforación en el piso de la misma subestructura o abajo de ésta donde se encuentra el equipo de prevención de reventones.

El piso del taladro es la cubierta de la subestructura y es una plataforma de trabajo donde se encuentran muchas de las herramientas de perforación como son: la mesa rotatorio, el malacate, la consola de perforación, llaves de desenroscar, etc..

La torre de perforación es un armazón de acero y sirve de soporte del conjunto de equipo de elevación.

Por otro lado, está el equipo de elevación que incluye:

- a) El Malacate.
- b) El conjunto de aparejos.
- c) Cable de Perforación.

El malacate es un cabrestante extra fuerte que eleva, baja y suspende el peso de lasarta de perforación.

Dentro de los aparejos, está el bloque corona que es un conjunto de poleas localizado arriba de la torre de perforación. Los cables de perforación que interconectan los componentes del sistema de elevación, el gancho del cual se suspende la sarta de perforación cuando es necesario y los elevadores que son

abrazaderas reforzadas cuya función es tomar las juntas de la tubería de perforación y portabarrenas para meterlas o sacarlas del hueco.

1.2.2 SISTEMA ROTATORIO

De hecho, es uno de los componentes mas importantes del taladro y su función es la de hacer girar la sarta de perforación, perforando así el hueco hasta llegar a la formación petrolífera. El sistema rotatorio consiste de tres sub-componentes principales:

- 1) Componentes de Rotación.
- 2) La Sarta de Perforación.
- 3) La Barrena.

Los componentes de rotación, están localizados en la posición central del piso de la subestructura y consisten en la mesa rotatoria, el buje maestro y las llaves de potencia.

La sarta de perforación comprende todos los tipos de tubería para la sujeción de la barrena.

La barrena conectada a la parte inferior de la sarta de perforación y es el implemento que corta o perfora el pozo durante las operaciones de perforación. Hay de dos tipos: barrenas de conos de rodillos y barrenas de diamante que son mucho mas versátiles por su gran dureza.

1.2.3 SISTEMA DE CIRCULACION.

El sistema de circulación y sus componentes abarcan la parte física mas grande del taladro. este sistema proporciona los equipos, materiales y areas de trabajo que se necesitan para la preparación, el mantenimiento y la verificación de las características físicas de los fluidos de perforación. Los fluidos de perforación son comunmente llamdos "lodos".

Al bombear los fluidos al pozo, éstos facilitan la tarea del sistema rotatorio y ayudan a controlar las condiciones cambiantes del pozo al penetrar a nuevas formaciones rocosas.

El sistema de circulación se compone de cuatro subcomponentes:

- a) El fluido de Perforación.
- b) Area de preparación del lodo.
- c) Equipos de Circulación.
- d) Area de reacondicionamiento del lodo.

Los lodos de perforación son mezclas líquidas hechos de agua, aceite, arcilla, aditivos químicos, gas natural, aire y jabón.

El area de preparación del lodo es aquella en la cual se preparan los fluidos y constantemente se necesita estar verificando la viscosidad (por medio del embudo de Marsh) y su densidad (por medio de la balanza de lodo).

En ésta area se mantiene o se altera la composición química según las condiciones que se van encontrando en el hueco perforado.

Los equipos de circulación son los que transportan físicamente los fluidos de perforación desde el area de preparación hasta el area de reacondicionamiento desde donde los mandan de nuevo al area de preparación para poder recircularlos.

El area de reacondicionamiento sirve para limpiar los fluidos despues de recuperarlos del pozo y el equipo contiene generalmente separadores de gases, desgasificadores, desarenadores, mesa vibratoria, etc..

1.2.4 SISTEMA DE GENERACION Y TRANSMISION DE POTENCIA.

La potencia requerida en las operaciones de taladro se genera con el uso de motores grandes de combustión interna, que son las fuentes primarias de potencia. Según la clase de motor primario empleado para generar potencia, ésta se transmite por medios mecánicos o eléctricos a los componentes del taladro que la requieren para su debido funcionamiento. El sistema de potencia tiene dos subcomponentes principales:

- a) Las fuentes primarias de potencia (los motores primarios).
- b) Sistema de transmisión de potencia que transmite o distribuye ésta potencia a los componentes del taladro que la requieren.

Las principales fuentes de potencia en el taladro de perforación rotatoria son los motores primarios. Estos son muy grandes y son de combustión interna; los más comunes emplean como carburante el combustible diesel.

Una vez generada la potencia por los motores primarios, hay que transmitirla a los sistemas principales del taladro. La mayor parte de la potencia generada se consume en el malacate, los componentes de rotación y las bombas de lodos.

Como se mencionó, la transmisión puede ser mecánica ó eléctrica:

1) La transmisión mecánica se compone de motores y de un arreglo de piñones, engranes, cadenas y sistemas de enlace que requieren de una continua alineación y continuo mantenimiento.

2) La transmisión eléctrica se compone de generadores eléctricos accionados por motores diesel; la potencia se transmite por cables hasta los varios sistemas del taladro.

Un sistema diesel-eléctrico de transmisión presenta más ventajas sobre el mecánico aunque éste es más común, por ejemplo, elimina los complicados arreglos de motores enlazados y el complicado mantenimiento y alineación continua de engranes, piñones y cadenas y por lo general es un sistema mucho más compacto y portátil.

1.2.5 SISTEMA DE PREVENCIÓN DE REVENTONES.

Su función principal es la de controlar un "golpe de ariete" que es el resultado de la entrada repentina, en el pozo perforado. Si no se controla debidamente el golpe, éste puede convertirse en un "reventón" que hace una erupción violenta en la superficie de los fluidos contenidos en la formación. De ésta manera, la entrada incontrolada de éstos fluidos de alta presión puede ocasionar un desastre trágico pues puede costar la vida de varias personas y en general, daños al equipo. El sistema se compone de dos partes principales:

- a) El aparejo de impedir eventos o "BOP".
- b) El acumulador con el sistema de soporte (múltiple de estrangulamiento y líneas para matar).

El aparejo de impedir eventos se localiza justamente abajo de la mesa rotatoria y es un conjunto de equipos especiales que sellan las tuberías a presión.

El acumulador es una unidad de presión hidráulica que almacena en tanques, líquido bajo presión. Al activarlo, se cierran los distintos arrietes del aparejo del impedir eventos, sellando así el hueco perforado. A través de la línea para matar, se bombean fluidos de perforación al hueco para ayudar a balancear las presiones existentes en éste y así poder controlar el golpe de ariete.

El múltiple de estrangulamiento tiene la función de controlar y mantener la contrapresión requerida durante el golpe de ariete y de dispersar los fluidos de formación presentes en el hueco a las fosas de reserva o al área de reacondicionamiento de lodos hasta que el golpe de ariete quede controlado.

1.3 PRODUCCION.

Cuando se pone un pozo en producción se diseña un programa de producción para el pozo, en base a las condiciones de energía natural existente en o cerca de la formación productora.

Si la formación está sometida a la acción del empuje de un acuífero o a un empuje por expansión de un casquete de gas, el pozo será de flujo natural, cuando menos inicialmente. Si la formación está bajo la acción de empuje de gas en solución, el pozo podría necesitar la ayuda de levantamiento artificial:

- 1) Levantamiento artificial con gas.

- 2) Bombeo mecánico.
- 3) Bombeo Hidraulico.
- 4) Bombas sumergidas.

Una vez que el pozo está produciendo, debe darsele mantenimiento y servicio a intervalos específicos, si se desea mantenerlo en condiciones productivas y económicas. Las compañías de servicio de pozos son las que generalmente realizan los trabajos rutinarios de mantenimiento tales como:

- 1) remplazo de piezas.
- 2) Limpieza del hueco.

Algunas veces, se deben realizar trabajos mayores para mantener y mejorar la vida productiva del pozo.

Por otro lado, a medida que el pozo productor envía los fluidos de formación a la superficie, los fluidos deben de ser tratados cerca de la localización. este tratamiento inicial es denominado "procesamiento en el campo".

Este procesamiento inicial consiste en una serie de operaciones para separar el petroleo crudo y el gas natural de los fluidos de formación antes de transferirlos a tanques de almacenamiento o a oleoductos y/o gasoductos. El fluido de formación cuando emerge del pozo es una mezcla de petroleo, gas, agua e impurezas. Puede ser tambien una emulsión, lo que significa que es una mezcla de dos o mas líquidos. En una emulsión, un líquido no se dispersa completamente, sino se distribuye en el otro líquido en forma de pequeñas gotas rodeadas por impurezas, las cuales actúan como películas o agentes emulsificantes.

La película previene la mezcla de las gotitas y esto a su vez, inhibe la separación del petroleo y el agua. Estos fluidos, dependiendo de su composición, se denominan "petroleo en un medio acuoso", si el petroleo está dispersado en gotas en el medio acuoso .

1.3.1 SEPARACION DE LOS FLUIDOS DE FORMACION.

El tipo de equipos de superficie que se requiere para procesar los fluidos de formación depende de varios factores como son el tipo del pozo (petrolero o de gas), la presión del pozo (alta o baja) y la presencia de agua u otros contaminantes. Específicamente, si se requiere separación, ésta se realiza mediante la utilización de varios métodos que rompen una emulsión de petróleo. Estos métodos son:

- 1) Aplicación de calor.
- 2) La aplicación de Productos Químicos.
- 3) La aplicación de corriente eléctrica.

La utilización de cualquiera de éstos tres métodos (individualmente o en combinación) implica que ha comenzado el proceso de separación.

Después de todos éstos procesos, el petróleo es transportado a la refinería para ser procesado. Una refinería de petróleo moderna es un complejo de unidades integradas de tratamiento, diseñados para convertir eficientemente el petróleo crudo en una variedad amplia de productos comerciales y valiosos. Los productos que se obtienen de éste proceso incluyen: Kerosen, Butano, Propano, Carburante Diesel, aceites lubricantes, ceras, asfalto, coque y las materias primas que alimentan la industria petroquímica. Las materias primas petroquímicas son los ingredientes básicos para muchos otros productos, es decir, plásticos, farmacéuticos, cosméticos, caucho sintético, adhesivos, fibras, pulimentos, pinturas, explosivos, pesticidas y fertilizantes.

1.4 USO DE LA VALVULA FLEX-SEAL EN UN EQUIPO DE PERFORACION.

El uso fundamental de la válvula flex-seal en un equipo de extracción de crudo, se ubica básicamente en el sistema circulatorio del equipo mismo.

Este sistema es semejante al sistema circulatorio humano en el que el

motor para efectos de bombeo vienen a ser las bombas de lodo que son generadoras de las altas presiones a las que van a ser sometidas las válvulas.

Un equipo posee generalmente dos bombas de lodo con el objeto de hacer funcionar una cuando la otra falle. En sí, en todo el equipo encontraremos elementos sustitutos para el caso de fallo del sistema principal; ésto es debido al altísimo costo del tiempo de perforación (6.5 millones de pesos diarios en equipos terrestres y 15 millones de pesos diarios para plataformas) que amerita el instalar sistemas y conexiones para no parar el proceso de extracción.

La "sangre" de éste sistema circulatorio vienen siendo los lodos de perforación de los que ya se habló anteriormente. Estos, son fluidos previamente elaborados con elementos químicos que finalmente tienen una densidad y viscosidad necesarias para poder penetrar al pozo, asistiendo a la barrena acarreado todos los recortes que se van originando. Existen 3 tipos básicos de fluidos:

- a) Lodo con base de agua.
- b) Lodo con base de aceite.
- c) Lodo con base de aire ó gas.

Sus funciones básicas son:

- 1) Provee de potencia necesaria a la barrena limpiando el fondo del pozo.
- 2) Transporta los recortes fuera del agujero.
- 3) Soporta las paredes del pozo.
- 4) Previene la entrada de fluidos de formación dentro del pozo.
- 5) Enfría y lubrica la sarta de perforación y la barrena misma.

Para obtener las propiedades básicas del lodo (viscosidad y densidad) se utilizan agentes y aditivos como la bentonita, la barita y materiales poliméricos que se mezclan con los lodos hasta que estén en su punto para ser utilizados. Por otro lado, la válvula flex-seal se ubica, como se dijo, en disposiciones específicas saliendo de las bombas de lodo, conectadas

con las líneas de descarga de lodos y antes del "stand pipe" que es una tubería de acero empotrada verticalmente a un costado del mástil y que conecta las líneas de descarga de los lodos de perforación a la manguera rotatoria (kelly hose), que transporta los lodos a la mesa rotatoria (swivel) y de aquí al interior del pozo.

Las válvulas flex-seal sirven para cerrar el flujo del lodo de perforación hacia el stand-pipe y hacia el pozo mismo en el caso del paro por descompostura o mantenimiento de una de las bombas de lodo para así utilizar la auxiliar y se colocan dos en serie en cada caso por si alguna válvula se descompone o se traba por la corrosión y así se utilice la otra. Por lo mismo, la mayoría del tiempo se encuentran abiertas para permitir el paso de éstos fluidos y se cierran para dar mantenimiento a la bomba que les corresponda, ó válvulas adyacentes.

Para efectos de verificar físicamente el montaje, mantenimiento y uso de la válvula se visitaron varios equipos de perforación en la ciudad de Villahermosa, Tabasco: Platanal 221, Platanal 203, Iride 151 e Iride 141, pozos cuyas profundidades fluctuaban entre los 4,000 mts y los 4,800 mts.

El objetivo era el entrevistarse con el técnico del pozo; es decir, el encargado del mismo y cuestionarle acerca del equipo. Se pudieron obtener datos interesantes, a saber que el mantenimiento de las válvulas es cada 2 meses e indistintamente se les cambian todas las piezas de refacción, ésto con el propósito de no dar lugar a que por cualquier detalle puedan fallar y parar todo el sistema circulatorio. Si llegara el caso de que se encontraran algunas piezas en buen estado, éstas se lavan y se almacenan nuevamente y se usan solo en casos de que no se le halla surtido al equipo refaccionamiento nuevo o se halla demorado la entrega.

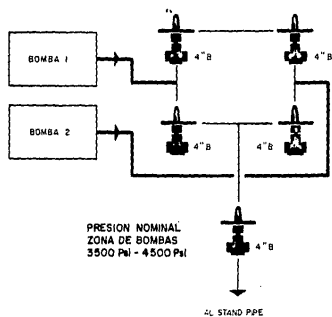
Se pudo ver físicamente que la presión a la que se someten las válvulas varía según su localización; es decir, las válvulas colocadas a la salida

de las bombas de lodos, son las que mayor presión soportan, sin embargo, no sobrepasa las 4,500 psi. En ésta zona se encuentran válvulas solamente de 4" y con extremos bridados) De aquí, el lodo pasa por tuberías hasta el manifold anterior al stand pipe donde hay otra configuración de válvulas con un manómetro cuya presión iba de los 100 kg/cm² a los 160 kg/cm³, según el pozo, con válvulas de 2" y 3" con extremos roscados (1420 psi a 2270 psi).

El estado en que se encontraban las válvulas era deplorable pues la mayoría estaban oxidadas en toda su superficie inclusive en las partes de union de piezas, muchas de ellas carecían totalmente de volante y las que lo tenían les faltaban agarraderas.

En todos los pozos visitados, nunca se vio que funcionaran simultaneamente las dos bombas de lodo lo que hacía suponer que la presión de trabajo de las válvulas era aun menor a la presión nominal para la cual están diseñadas.

MANIFOLD BOMBAS DE LODO

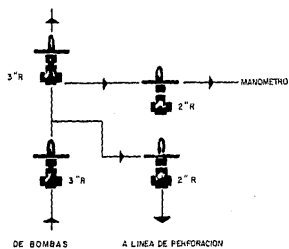


PRESION NOMINAL
ZONA DE BOMBAS
3500 Psi - 4500 Psi

AL STAND PIPE

- (B) BRIDADA
- (R) ROSCADA

MANIFOLD STAND PIPE



DE BOMBAS

A LINEA DE PERFORACION

PRESION NOMINAL
ZONA DE STAND PIPE
1200 Psi - 2200 Psi

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

DISPOSICION DE VALVULAS EN EL MANIFOLD DE
BOMBAS DE LODO Y STAND PIPE

TESIS PROFESIONAL

| | | | | |
|--------|---------------------|---------|-----------|-------|
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC SIN | ACOT PULG | No 31 |
|--------|---------------------|---------|-----------|-------|

C A P I T U L O 2

LA VALVULA FLEX-SEAL: DESCRIPCION DETALLADA, REDISEÑOS PROPUESTOS Y FABRICACION DE
PARTES.

2.1 NORMAS.

Cabe prudente mencionar el hecho de que la válvula está regida en su funcionamiento y en cuanto a especificaciones de partes, en normas reconocidas internacionalmente, en concreto las API (American Petroleum Institute), la cual establece las reglas, no tanto de dimensiones y geometría de la válvula misma, sino mas bien, sobre especificaciones en cuanto a los materiales que se deben de utilizar y en que parte de la válvula se usan; de manera que pueda soportar la presión a la cual la válvula va a estar sometida.

Por otro lado, da reglas de ensamble y a que tipos de pruebas deben de someterse para así asegurar su buen funcionamiento en el campo.

La firma de Ingeniería mas reconocida aquí en México y que trabaja como contratista de Petroleos Mexicanos es el IMP (Instituto Mexicano del Petróleo). en ésta institución se concentran todas éstas normas y es aquí donde los fabricantes y proveedores de Petróleos Mexicanos, pueden acudir con el fin de obtener la verificación de que su producto cumple con los requisitos previstos en las normas en cuestión.

El comprobar los productos terminados en el Instituto Mexicano del Petróleo, representa el tener un certificado de garantía para el fabricante o proveedor de PEMEX, pues de ésta manera se respalda ante ésta compañía, que es un producto que puede utilizarse en el campo petrolero de cualquier parte del mundo, por su reconocimiento internacional, sin que se pudiese temer o dudar de la calidad de éste producto.

Las normas de la API que se pueden y de hecho se aplican en nuestro caso para la válvula flex-seal, son basicamente dos:

- a) Norma API 6A, "Wellhead Equipment".
- b) Norma API 6D, "Pipeline Valves, End Closures, Connectors and Swivels".

De ambas normas, los técnicos e ingenieros del IMP, toman datos, los reúnen y ordenan para comprobar si se presentan tambien en el producto a

comprobar. En éstas normas se consideran todos los tipos de válvulas que existen en el mercado para pozos y líneas de conducción de lodos, sin embargo, tomaremos solamente las propiedades que amparan a la válvula de compuerta que es el tipo a la cual la flex-seal pertenece.

Otro tipo de normas que se siguieron en cuanto a materiales, fueron las normas AISI compatibles con las normas SAE y las normas de la ASTM.

En cuanto a seguir un criterio de norma es algo relativo y corresponde a los fabricantes el apearse a una ó otra norma según sus requerimientos cuyo compromiso no sobrepasará la responsabilidad que en un determinado momento compartan el fabricante mismo y sus proveedores. Por ejemplo, las normas de la ASTM, fueron formadas a partir de las necesidades de un grupo de fabricantes (o comités) particulares que establecieron sus propias normas; es decir, éstas se redactaron y aprobaron sin el apoyo de una institución previamente reconocida y menos aún de un gobierno. En ésta asociación, las normas se aprueban por mayoría de votos de los distintos comités. Estos votantes vienen a ser los mismos vendedores y fabricantes los cuales adoptan normas según sus propias necesidades y las aprueban con tolerancias y holguras amplias de manera de proteger ellos mismos sus propios productos.

En el caso de la válvula que presentamos a continuación sucedió que la norma que dicta el material de los cuerpos de la misma está regida por la ASTM (ASTM-A-487 GR. 4N) que es un acero para servicio a altas presiones y que corresponde a un acero al níquel-cromo-molibdeno cuyo simil en norma AISI es un B620. Sin embargo, si observamos detenidamente la composición química de uno a otro material, aunque los elementos constitutivos son los mismos, los porcentajes en contenido de los elementos cambia de una a otra norma, verificandose éstos cambios en los rangos en porcentaje de material que el material debe de contener; es decir, la ASTM ge-

neralmente abre mas éstos rangos o intervalos que la AISI o SAE por lo mismo de querer tener mas holgura en sus composiciones; pero por otro lado estar dentro de la norma. esto no quiere decir que un material regido por la norma ASTM sea de baja calidad en comparación de un AISI; sin embargo, el respaldo que existe de una a otra asociación si cambia y repercute solamente en la responsabilidad y compromiso que compartan y adopten el fabricante con su maquilador o proveedor ya sea en fundición o en forja.

2.2 PROCESOS DE MANUFACTURA UTILIZADOS.

2.2.1 PROCESO DE FUNDICION A LA CERA PERDIDA.

Tal fundición pertenece al grupo de fundiciones cuyos colados se denominan "de precisión". El hecho de que se haya escogido éste tipo de fundición en lugar de una de arena, es precisamente el acabado exterior que se obtiene en cada una de las piezas. Se quería entrar al mercado de la válvula flex-seal, compitiendo con una apariencia exterior que fuera visiblemente superior a la calidad comunmente obtenida de una pieza colada en molde de arena.

Como bien se sabe, la textura y rugosidad de una pieza colada en arena presenta asperezas considerables y una alta posibilidad de obtener piezas con defectos internos mensurables como son fisuras, porosidades y rechupes. Para tal efecto, las distintas compañías fundidoras (Aceros Solar, Hylsa, Ramsa, etc..) ofrecen a sus clientes el servicio extra de una calidad radiológica. Esta calidad consiste en obtener placas radiográficas de cada una de las piezas que van saliendo de producción y van siendo aceptadas por el respectivo departamento de control de calidad de la empresa fundidora en cuestión, de ésta manera, el cliente obtiene una seguridad y confiabilidad en las piezas que recibe.

Las ventajas principales que ofrece la fundición de arena son:

- a) Es económica.
- b) El proceso de fundición es rápido.
- c) Para el molde de la pieza, se utilizan modelos que pueden ser de madera o aluminio.

Las respectivas desventajas serían:

- a) El acabado es muy rugoso.
- b) Hay mucho reproceso y desperdicio.
- c) Las piezas fundidas con exceso de material para su maquinado, lo cual eleva el costo de la pieza misma.
- d) Colados muy ligeros (poco pesados).

Es precisamente por el acabado tan rugoso y por la considerable cantidad a maquinar en cada pieza, que se optó por no fundir en arena, al menos las válvulas de 2" y de 3".

Por el contrario, la cera perdida ofrece las siguientes ventajas:

- a) Las coladas son pesadas, de tal manera que las piezas tienen un gran compactado que aumenta su resistencia.
- b) el acabado es terso, poco rugoso, sin rechupes y poros y muy sólida.
- c) Se maquina muy poco ya que las contracciones son mínimas.
- d) Muy poco desperdicio.

Desventajas:

- a) Es costoso.
- b) Su proceso tanto en el modelaje como en fundición es muy tardado.
- c) El sistema es complicado y lleva una gran cantidad de cuidados.

Como ya se dijo, la cera perdida pertenece al grupo de las fundiciones por coladas de precisión que son:

- a) Método de la cera perdida.
- b) Método de moldeo por cáscara.
- c) Colado en molde de yeso.

En los tres casos, al principio, se utilizaban mas que nada para obtener piezas de ornamento y artesanías difíciles de realizarse por otros métodos de fundición. Ultimamente la industria al requerir piezas para máquinas cada vez mas especializadas, piezas y diseños mas complicados y pequeños, hizo que ésta recurriera a éstos métodos.

Desgraciadamente en México la cantidad de compañías que se dedican a la fundición por cera perdida es muy reducida en comparación con las que se dedican a la fundición por arena y éste numero se ve reducido hasta 1956 a dos compañías en toda la República Mexicana.:

1) Microfusión de Inoxidables (MINOX) en San Juan del Rio, Querétaro.

2) Fundición de Precisión Eutectic, S.A. en Puebla.

Se visitaron ambas empresas para pedir las respectivas cotizaciones y conocer las plantas y conocer su capacidad instalada, capacidad de colados y calidad final de sus productos. Al final de cuentas, se optó por la segunda compañía que presentó, aparte de buenos precios, mejor confiabilidad por la gran capacidad de piezas, diversas geometrías, buena calidad y su relativa cercanía, que reducirían los costos del flete.

Descripción del Método:

Este procedimiento, es en lo básico, lo siguiente:

- 1) Se elaboran los moldes en aluminio. Esto se logra con elementos electroerosionadores y fresadoras de gran precisión que manejan tolerancias en sus maquinados muy reducidas. Estos moldes se hacen a partir de una pieza maestra que es la que comunmente presenta el cliente para cotizar a la empresa fundidora.
- 2) Se coloca el molde de aluminio en máquinas inyectoras de cera y de aquí se obtienen las piezas en cera semejantes a las originales.
- 3) Se cubre el molde de cera con arenas sílicas muy finas, mezcladas con elementos cerámicos, aglomerantes y aglutinantes.

4) Se colocan las piezas en ramas o árboles de cera, de tal manera que éstos van unidos al tronco común por una espiga que va a ser mas adelante, el orificio por el que se va a introducir el metal fundido.

5) Se deja reposar la pieza cubierta, en un salón con temperatura y humedad controladas varios días para lograr un perfecto sellado de las arenas, de manera que ésta mezcla se endurezca considerablemente.

6) Se introducen los árboles con piezas en hornos y cociendose a fuego directo el modelo de arena, solidificandola mas aún mas mejorando sus propiedades a la vez que la cera que habia endurecido, se derrite dejando solo una cavidad hueca por dentro con una rugosidad mínima y con dimensiones muy aproximadas a las piezas originales, la cera derretida pierde un mínimo de sus propiedades y puede ser reprocesada.

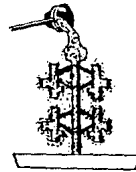
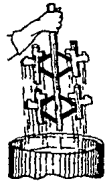
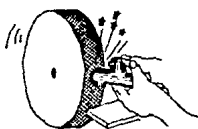
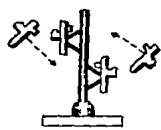
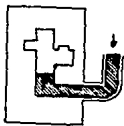
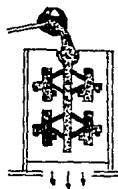
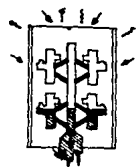
7) en la cavidad del nuevo molde de arenas aglomeradas, se vierte el metal fundido para que éste pase a llenar todas las formas dejadas por la cera. Se cuida que el cascaroón cerámico esté a temperatura adecuada para recibir el metal fundido.

8) Cuando el metal se solidifica por enfriamiento, se destruye el molde de cerámica, liberando así la pieza de metal idéntica al molde de cera.

Los metales que se utilizan en éste proceso, son muy variados:

- a) Bronce.
- b) Acero al carbono.
- c) Acero Inoxidable.
- d) Aleaciones Especiales.
- e) Acero grado Herramienta.

Sin embargo, ésta practica es común para el vaciado de aleaciones de Estaño-Plomo-Bismuto que encuentran en éste método su mejor rendimiento.



31

41

51

61

71

2.2.2 PROCESO DE FORJA.

Cuando se forja el acero es necesario calentarlo lentamente hasta la temperatura adecuada de forja y manteniendo en esas condiciones en tiempo suficientemente largo a fin de asegurar una distribución uniforme del calor.

Para lograr que la descarburización sea mínima durante la forja, conviene usar dentro del horno una cantidad de aire algo menor que la cantidad necesaria para que la combustión sea completa.

Es muy importante considerar la temperatura no solo al inicio de la forja, sino también al terminar la operación.

Si el acero se deja enfriar por debajo de la temperatura recomendada de acabado antes de que la forja se haya completado, será necesario recalentarlo otra vez. Esta temperatura de recalentamiento variará de acuerdo con el tamaño y forma de la pieza en proceso. Al concluir el trabajo, la temperatura de la pieza deberá de ser similar a la temperatura de acabado recomendada.

Al inicio de la forja los golpes deben de ser ligeros pero pueden aumentar en intensidad a medida que la operación progresa.

Es desable enfriar el acero lentamente después de la forja en un ambiente aislado tal como mica seca, cenizas o cal.

La pieza no debe de colocarse en el ambiente aislante antes de que se haya enfriado por lo menos hasta la temperatura de acabado.

Normalizar el acero después de la forja es aconsejable en la mayoría de los casos.

2.3 DESCRIPCION DE LAS PARTES Y REDISEÑOS PROPUESTOS.

2.3.1 VOLANTE.

La función primordial de ésta pieza dentro de la válvula es fundamentalmente ayudar al operario y facilitar el poder abrir y cerrar la compuerta sin dificultad. Para el caso de la compañía Válvulas Petroleras, se pensó en rediseñar un volante en base a los diseños previos que se tenían de las compañías Cameron y Oteco. En cuanto a la geometría de éstos de una a otra compañía, son esencialmente los mismos y cambian solo en algunos detalles que son los que los hacen distintos. en la visita realizada al campamento de materiales y almacenes de Reforma, Chiapas y después de encuestar a algunos operarios de éstas válvulas de la competencia sobre cual era su dificultad en la operación del volante, se nos detalló que ésta pieza recibe un trato rudo y pesado; es decir, que para efectos de abrir y cerrar la válvula, se utilizan mazos y martillos que ayudan a dar un mejor cerrado o en su defecto, se vió que se introducían tubos largos en las agarraderas del volante para aumentar el brazo de palanca y así disminuir el esfuerzo manual para el cerrado.

Al verificar visiblemente el estado físico de éstas piezas se comprobó su mal estado y se vió que de las 4 agarraderas horizontales que el volante contiene, en la mayoría de éstos ya se habían roto al menos una de ellas, lo cual dificultaba la operación. Al examinar el volante pudimos observar que en la base de las agarraderas; es decir, donde se unen éstas con el aro principal, precisamente en éste punto de union, la agarradera sufre un angostamiento, lo que hace que la cantidad de material de fundición es mucho menor que en la parte media de la agarradera y es por esto que se rompían con cualquier impacto relativamente pequeño.

La solución a ello fue el de diseñar una agarradera de forma cónica; es decir, que el diametro en su punto de union con el aro generador fuera ma-

-yor que en su parte superior.

De éstanera se evitarían los problemas de ruptura. Por otro lado se implementó aparte de las 4 agarraderas horizontales una agarradera vertical de manera que hubiera un mejor punto de apoyo y fuera mas comoda la operación para el usuario.

Los resultados pudieron ofrecer mas confianza en el trato duro de ésta pieza sin temor a una posible ruptura. El porcentaje de incremento en la resistencia en la base de las agarraderas, fue de un 67% en el area transversal.

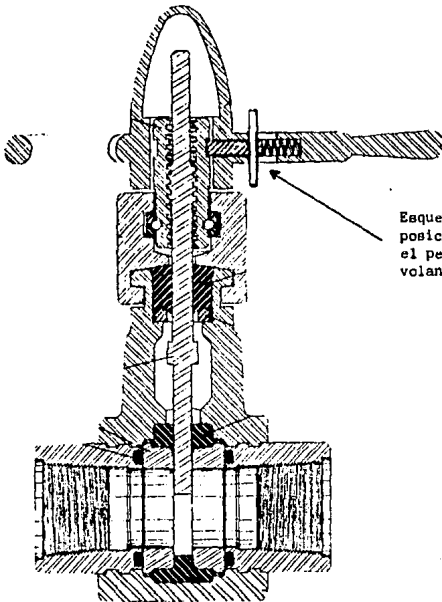
El volante se fabrica de fundición en arena y es de hierro nodular según las normas ASTM para volantes.

En la parte superior de éste se encuentra una especie de sombrero cónico en el cual se pueden apreciar 4 cavidades o ventanas por las que se pueden observar a simple vista y facilmente si la válvula está cerrada, semiabierta o abierta. esto se detecta debido a que el vástago de la compuerta sube y baja dentro de éste sombrero, lo que facilita la apreciación visual.

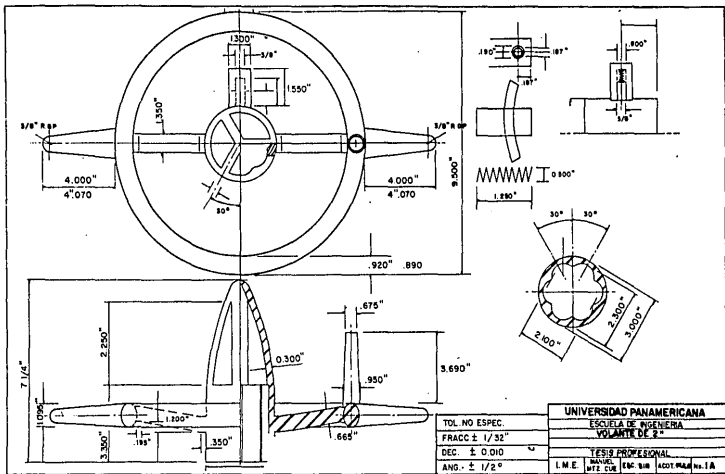
El volante va colocado en la parte superior de la tuerca de vástago, la cual tiene una ranura cuadrada donde se coloca el perno del volante que es accionado por un resorte que se encuentra alojado en un pequeño cilindro que nace de la base del sombrero cónico del volante. Este cilindro tiene un orificio que lo atraviesa de lado a lado y es donde se hace pasar el seguro del perno, que atravieza a la vez el perno. este seguro impide que el volante pueda ser sacado de la cabeza de la tuerca del vástago sin que este seguro sea accionado. Por otro lado la calidad donde se coloca el volante, a diferencia de la tuerca de vástago que tiene forma hexagonal, la del volante no lo es; es decir, se podría pensar que lo fuese tambien para que el agarre para la operación de apertura, cierre sea mas agil; si embargo la calidad del volante se hizo de varios topes

triangulares, de manera que al momento de girar éste, dos aristas del hexágono de la tuerca topen con éstas partes impidiendo que gire en loco.

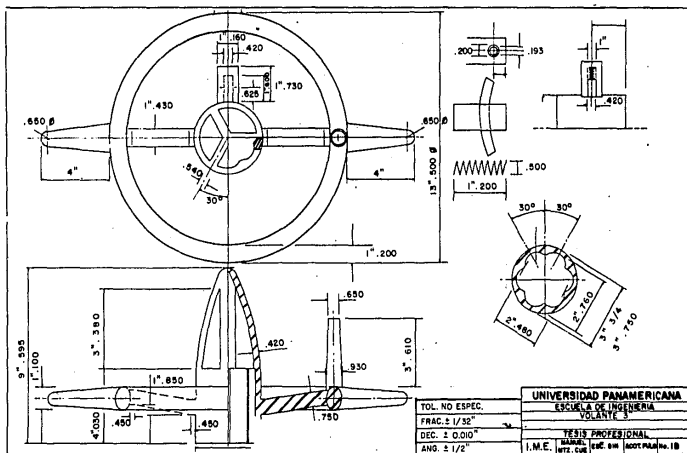
Aparte de todas las finalidades de índole técnico que presenta el volante, se ha considerado el factor estético pues resulta ser una parte que sobresale mucho en la válvula. Por tanto podemos ver que presenta gran versatilidad en funcionalidad y diseño.



Esquema donde se muestra la posición tanto del resorte, el perno y el seguro del volante



| | |
|----------------------|--------------------------|
| TOL. NO ESPEC. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA |
| FRACC $\pm 1/32''$ | ESCUELA DE INGENIERIA |
| DEC. ± 0.010 | VOLANTE DE 2" |
| ANG. $\pm 1/2^\circ$ | TESIS PROFESIONAL |
| | MANUEL |
| | MFE CLK |
| | ENC. SIM |
| | ACOT. MAN. No. 1 A |



TOL. NO ESPEC.
 FRAC. $\pm 1/32"$
 DEC. $\pm 0.010"$
 ANO. $\pm 1/2"$

UNIVERSIDAD PANAMERICANA
 ESCUELA DE INGENIERIA
 VOLANTE 3
 TESIS PROFESIONAL
 MARCEL GARCIA
 I.M.E. 1958

2.3.2 COMPUERTA.

Esta pieza de la válvula fué de las mas conflictivas para sacar adelante el ensamble total de la misma.

Esta dificultad radicó no en la parte funcional de la válvula que es sin duda la cabeza o parte superior, sino precisamente en la rosca sinfin que tiene en su vástago, que hace, junto con la tuerca de vástago, que la válvula permita o bloquee el paso del fluido en cuestión.

En un principio se habían fabricado alrededor de 20 compuertas a base de placa de acero AISI 4140 que se había cortado con pantógrafo de oxiacetileno casi a la medida para luego darle su acabado con el torno. Para ello, tambien se construyeron los dispositivos apropiados para el sujetamiento de la paleta en las máquinas herramientas correspondientes (fresadora y torno horizontal). Cabe hacer notar que el proceso de maquinado de ésta forma no se había hecho antes, aún por la competencia y se trató en un principio de perfeccionar la calidad de ésta pieza por éste método en lugar de tratar en su comienzo por la forja que es como comunmente se venía haciendo. Se empezó con éste método por las siguientes ventajas que ofrecía:

- 1) No se tenía que invertir en moldes para forja que representa una inversión considerable.
- 2) El precio unitario de la pieza era mas económico (en materia prima).
- 3) Los tiempos de entrega eran mucho mas cortos.
- 4) La estructura metálica de la placa podía ofrecer mayor resistencia en la pieza que la estructura en sí de la forja.

Las desventajas se fueron viendo al momento de su terminado:

- 1) Acabados deficientes, sobre todo en los ángulos de acuñamiento de la paleta en el empaque de compuerta de hule.
- 2) Había mucho desperdicio de material.
- 3) Costos de maquinado y tratamientos termicos elevados.

4) Inversión de gran cantidad de tiempo en los cortes de placa que a la vez resultaban muy costoso.

5) El maquinado se prestaba a dejar muchos ángulos rectos en la pieza lo cual se prestaba a la formación y concentración de esfuerzos perjudiciales.

Todo lo anterior nos llevó a la conclusión de intentar hacer las compuertas a partir de la forja, la cual presentaba las siguientes ventajas:

1) La forma de la compuerta venía con excesos de material mínimos para su maquinado posterior.

2) El grano era lo suficientemente cerrado para soportar las presiones a las que van a ser sometidas las compuertas, (10,000 psi).

3) La orientación del grano mismo propicia la no formación de esfuerzos acumulados en el trayecto de la cabeza hasta el vástago.

4) el costo del maquinado se reduce enormemente pues se ahorra en el corte de la placa de materia prima y el dibujar la pieza con pantógrafo.

Por otro lado, cuando se hizo el pedido de la forja, ya se tenían maquinadas una buena cantidad de tuercas de vástago, la cual en su parte interna tiene una cuerda ACME que coincide con la rosca sinfin de la compuerta y que de ésta manera hace que ésta sube y baje, abriendo y cerrando respectivamente el conducto de la válvula. La rosca que se venía haciendo y que era compatible con la rosca de la competencia, se sale completamente de los estándares preestablecidos; es decir, mientras que la norma para cuerdas ACME nos marca 5 hilos por pulgada, en éste caso se maquinaban 4 por pulgada, la razón es la costumbre misma de venir fabricando ésta pieza de ésta manera. Esto hizo que se mandaran a hacer machelos especiales con éstas características y además de todo los implementos y herramientas que intervinieran en la fabricación de la rosca.

De igual manera, en el momento que quisimos probar nuestras tuercas de vástago con las compuertas fabricadas por la competencia; éstas nunca entraron y como se pensaba que las compuertas de la competencia no podían estar mal he-

-chas, se pensó entonces que tanto nuestras compuertas (que tampoco entraban en nuestras tuercas), como nuestras tuercas mismas, estaban mas hechas. Esto trajo a la empresa una gran preocupación, por la gran inversión que hasta ese momento se había hecho en fundición de éstas tuercas. Hasta ese entonces la empresa no contaba con un departamento de control de calidad que desde un principio pudiera haber detectado éstos defectos y es por eso que el error se había notado casi al final de haber maquinado todas nuestras tuercas de fundición.

Lo extraño del asunto era que se había respetado el dimensionamiento de la cuerda de tal manera que cualquiera que la hubiera visto hubiera aceptado que era una cuerda perfectamente bien hecha (4 hilos por pulgada). Inclusive si se medían físicamente las características de ésta cuerda como eran el diámetro exterior, interior, altura del diente, ancho del diente, paso, etc., concordaban perfectamente con los datos que los planos especificaban. Pensando de ésta manera, la primera opción para solucionar éste problema fue el de rebajar algunas milésimas de pulgada al diente de nuestras compuertas de placa de manera que al momento de hacer pasar ésta cuerda por la cuerda de nuestras tuercas, la interferencia entre ambas fuera mínima. Las consecuencias inmediatas de éste efecto fueron el de provocar un huelgo longitudinal que en apariencia no tenía importancia. De ésta manera nuestras compuertas comenzaron a entrar en nuestras tuercas; sin embargo, las compuertas de la competencia seguían sin entrar y esto era aún mas importante, pues se pensaba en que ya en el campo petrolero, las compuertas de la competencia entrarían a manera de refacción en nuestra tuerca que no lo son. Así, se analizaron a fondo las características dimensionales de una y otra cuerda ACME, la nuestra y de la competencia.

Para éste análisis se partieron de las dimensiones de la cuerda proporcionadas por el plano de la compuerta maquinada. En primer lugar se comprobaron los diámetros exteriores de ambas compuertas y se vio que eran practicamente

iguales salvo algunas milésimas de diferencia entre ambas; sin embargo al momento de verificar el diámetro interior, sabiendo que la altura del diente es de 0.125", el diámetro exterior de 1", se concluiría que éste diámetro interno debiese ser de 0.750" y resultó que era aproximadamente de 0.875", lo que representaba una diferencia de consideración y que en consecuencia lo que ocurría era que la competencia no trafa sus cuerdas de acuerdo al plano nuestro que concordaba con medidas estandares en cuanto al hilo de la cuerda, sino modificadas dimensionalmente a una altura de diente menor a la establecida por las normas y planos. De aquí surgió la difícil pregunta de seguir maquinando nuestras roscas de la compuerta acarreado el error que tenían las roscas de compuerta de la competencia. es pues que las posibles soluciones que se plantearon fueron las siguientes:

a) Seguir haciendo nuestras tuercas y las compuertas con las roscas de acuerdo a los planos, con el fin de que las piezas de la competencia no pudieran entrar en ellas, corriendo el riesgo, de ésta manera, de que en el campo, no prefieran nuestro producto y sin embargo pudieramos defender éste error atribuyendolo a la competencia.

b) Acarrear el error de las piezas de la competencia, de manera que pudieramos entrar en el mercado y nuestras piezas fueran intercambiables con las piezas de otras marcas; es decir, de ésta manera sí poder vender nuestro producto.

Desde luego, se adoptó la segunda opción siempre y cuando, no se formara un criterio de solamente una muestra de piezas originales de la competencia que poseíamos, sino sería conveniente ir directamente al campo y hacer un muestreo de nuestras piezas (tuercas y compuertas) con las de la competencia en ese lugar.

Para ello, se escogieron dos lugares totalmente distintos y a la vez distantes uno de otro de manera que no hubiera relación directa de un lote de piezas con otro y el muestreo fuera, de ésta forma, mas confiable. Se escogieron para tal efecto, el campamento de Tinajas en Veracruz y el campamento de Reforma en

Chiapas. estos campamentos sirven principalmente para dar almacen a las piezas mas usuales en los pozos petroleros y aparte, dar mantenimiento a las mismas.

Para ese entonces ya se habia creado un departamento de control de calidad, el cual, de manera imparcial, discriminaba las piezas que se salian de las tolerancias prescritas por los planos. Para tal muestreo, se llev6 lo siguiente:

- 1) 5 tuercas de vástago de 2"-5,000 psi alteradas.
- 2) " " no alteradas.
- 3) " 3"-5,000 psi alteradas.
- 4) " " no alteradas.
- 5) 1 compuerta original de 2"-5,000 psi marca Oteco.
- 6) " 3"-5,000 psi marca Cameron.
- 7) " nuestra de 2"-5,000 psi alterada.
- 8) " " no alterada.
- 9) 1 tuerca de vástago de 2"-5,000 psi original marca Oteco.
- 10) " 3"-5,000 psi " Cameron.

Con éstas piezas se elaboraron unas tablas donde se pudieran visualizar a simple vista el resultado del muestreo realizado.

El decir "alteradas" y "no alteradas", se quiere decir que unas fueron retocadas en su cuerda de las dimensiones originales dadas por los planos y otras no. Independientemente de los resultados, para efectos de control de calidad, se mandaron fabricar probadores de acuerdo a las muestras originales de las tuercas y compuertas de Oteco y Cameron a manera de pasa-no-pasa, de tal forma que con ellos se comprobara tanto el buan funcionamiento de la tuerca y la compuerta como el acabado de las mismas.

Cabe hacer mención que las tuercas de la competencia se hacen machueleadas, por lo que hay menos posibilidad de error que el hacerlas maquinadas que es como se venia haciendo en la compañía; de ésta manera aumentaron considerablemente las fallas en las piezas por errores humanos, aparte que el acabado era

mucho mas rugoso y tenía que limpiarse la cuerda con cepillo para eliminar impurezas y rebaba.

Dentro de todo ésto sigue en pie la pregunta: Porque la competencia no siguió las condiciones dimensionales de los planos inicialmente?. Se pueden hacer muchas especulaciones acerca de éste "error acarreado", que tal parece lo empezó Cameron Ironworks que lleva ya cerca de 35 años manejando ésta línea de válvulas y que luego fue adoptado por Oteco Company de manera que no fuera desplazado del mercado de refaccionamiento de ésta válvula y tuvo que tomar forzosamente el error pues el campo petrolero ya estaba acostumbrado a utilizar la marca Cameron. Se Oteco hubiera entrado sin éste error, seguramente nunca hubiera ganado ningún pedido de PEMEX y mucho menos de cualquier otra compañía de perforación americana, lo mismo ocurrió con la empresa aquí en México. La explicación técnica mas coherente que sale a la vista es la siguiente: El maquinado de las cuerdas de las compuertas y de las tuercas de vástago de la competencia se hacen en máquinas automáticas, algunas de ellas de control numérico, las cuales maquinan por turno un número considerable de piezas.

Si pensamos que no se cambia la herramienta de corte de éstas máquinas en un número determinado de horas, consideremos las diferencias dimensionales de la primera pieza que salga con la herramienta de corte nueva a la pieza 100. Obviamente en el transcurso del maquinado hubo un desgaste de la herramienta, que aunque no la dañó, quizás sus proporciones si fueron cambiadas; es decir, se desafiló. Llegará un momento, en que la herramienta esté tan desafilada que algún operario de la máquina notará que ya no rendirá de igual manera, por lo que procederá a extraer la herramienta de corte de su lugar.

Al momento de colocar un inserto nuevo, las características en cuanto a corte se refiere, diferirán de aquellas cuando se maquinó la última tuerca de vástago con la herramienta usada. Este problema se comprobó en la rosca de los pernos del cuerpo, pues si fue notoria la diferencia de uno a otro perno,

en cuanto a que se tuvieron que tarrajear para dejarlas a la medida estandard.

Las compuertas en sus tres medidas: 2", 3" y 4", se mandaron finalmente a forjarse a una empresa en Monterrey que posee prensas de 40 toneladas y que tenía la capacidad de forjar las compuertas. Para tal efecto se mandaron a maquinar los dados correspondientes para el forjado con sus tolerancias respectivas para el maquinado posterior. En éste punto tambien se presentaron algunos problemas.

La geometría de la compuerta de la válvula flex-seal, presenta bastantes complicaciones en su maquinado pues aunque en apariencia resulta una pieza relativamente sencilla, requiere maquinaria especializada para obtener una calidad lo suficientemente aceptable como para competir con un mercado extranjero.

Por ello se mandaron maquinar a un taller cuyas máquinas fueran de control numérico, lo cual nos daría la seguridad de un maquinado mucho mas perfeccionado y con la garantía de que las tolerancias (que para éstas piezas son muy reducidas) se respetaran confiablemente.

La compuerta, como sabemos, se introduce en el momento de desplazarse dentro de la válvula para cerrarla, hacia abajo dentro del empaque de compuerta el cual tiene un orificio rectangular y a la vez curvado en el cual tambien descansa la ceja de la compuerta que proporciona un mejor sellado para así evitar alguna posible fuga hacia arriba. La ceja de la compuerta representó precisamente la mayor dificultad en el momento del maquinado pues debe tener características y detalles pequeños que ayudan en un mejor sellado. Uno de éstos detalles técnicos a consideración en un ángulo que une la ceja con la cabeza de la compuerta. este pequeño y casi impeeceptible ángulo se forma en ambas caras de la compuerta y su efecto es el de una pequeña cuña que se va introduciendo en el hule del empaque de compuerta a medida que la compuerta misma va bajando para cerrar la válvula. Si no existiera éste ángulo (el cual oscila entre 5° y 10° aprox.), la union entre la ceja y la cabeza de la compuerta se-

-ría un escalón recto cuyo efecto en el momento de cerrar la válvula sería desastroso para el empaque de compuerta pues lo machucaría de tal manera, que con el uso se podría llegar a romper y cortar la parte donde asiente la caja de la compuerta y sería causa de una posible fuga de fluidos en dirección ascendente. Este ángulo tiene la peculiaridad de que aunque su valor a lo largo de toda la caja de la compuerta es el mismo, su longitud no lo es; es decir, aumenta considerablemente en la parte media de la compuerta y disminuye en sus extremos, esto debido a que la mayor concentración de fuerza se precisa en la parte media de la compuerta, por lo que no es necesaria tanta longitud en esas zonas. Otra dificultad técnica en cuanto a su maquinado, fue la de un fresado helicoidal que requiere la cara de la caja de la compuerta. Este maquinado no representaba alguna ayuda para poder evitar fugas; sin embargo, la compuerta en el momento en que se le sube para abrir la válvula, el perfil de la caja en todo su perímetro se aloja en una cavidad que tiene exactamente la misma forma que este perfil, solamente que unas cuantas milésimas más abierta para así permitir el libre paso de la compuerta hacia arriba y abajo.

Hablaremos más adelante de esta cavidad cuando entremos en detalles del cuerpo superior de la válvula. Sin embargo el problema técnico del que hablabamos radicaba en lograr precisamente ese maquinado. Las máquinas de control numérico se contrataron para hacer esta pieza; pero presentaron la desventaja de que su cabezal no era movible, por lo que era imposible realizar este fresado por medios directos de la máquina, lo que se hizo al respecto fue el diseñar un dispositivo adecuado que permitiera la rotación de la compuerta hasta ciertos límites. Para efectos de control de calidad de las rosas sinfín que tienen los vástagos de la compuerta, se proporcionó a la empresa maquiladora una tuerca de vástago aprobada por control de calidad para que cada una de ellas se hiciera pasar por la tuerca en cuestión y así comprobar su funcionamiento. La calidad obtenida después del maquinado fue visiblemente superior a cualquier compuerta de la competencia pues ella re-

-toca manualmente con esmeril algunos puntos de ésta para rectificar pequeñas imperfecciones.

El proceso final despues del maquinado de éstas piezas fue el darles la dureza adecuada. Para ello surgieron varias alternativas:

1) Darle a la pieza un templeado total. Se trató éste proceso con algunas de ellas pero surgió la contrariedad de que se desviaban y se torcían en la región del vástago. esto se debe a que como se alcanzan en el tratamiento térmico temperaturas demasiado elevadas, por el mismo peso de la pieza y su irregularidad se empiezan a torcer en su vástago que es la parte mas delgada.

2) Se presentó la segunda opción de darles un niquelado superficial a las partes donde la compuerta iba a ser sometida tanto a esfuerzos (tornillo sin fin) como a desgaste y abrasión (caras de la cabeza). El proceso químico es llamado níquel electroless, que como su nombre lo indica, se aplica por un proceso de reducción química autocatalítica que hace que el depósito sea uniforme y duro superficialmente. Los resultados en acabados de las pruebas que se hicieron fueron muy buenas e inclusive no se presentó ningún tipo de obstrucción de la cuerda sin fin de la compuerta con la rosca de la tuerca de vástago por el espesor de la capa de níquel y la dureza obtenida, aunque solamente superficial, si se apegaba a las normas. La desventaja de éste proceso es que se temía que con el tiempo podía desprenderse la capa de níquel y que los fluidos abrasivos que pasaran por la paleta comenzaran a carcomerse ésta hasta finalmente desintegrarla. Otra contrariedad fue el costo mismo, que en relación con el temple en horno, representaba una diferencia en precio del 350% mas arriba, lo cual elevaría el precio final de ésta pieza.

3) La tercera opción y fue la mas viable pues presentó ventajas tanto técnicas como económicas fue un proceso que se desarrolló específicamente para nuestra pieza en cuestión. este método fue una mezcla de los dos anteriores y

consiste en dar un endurecimiento localizado a la compuerta en la zona del tornillo sinfín y en las caras de la cabeza por medio de electrodos embobinados a los cuales se les hacía pasar corriente eléctrica que hacía que se elevara la temperatura alrededor de éstas dos partes y las endureciera. Para ello se tuvieron que fabricar los electrodos de acuerdo a la forma del tornillo y las caras de la cabeza de la compuerta. el resultado fue muy bueno en cuanto a características de resistencia de la pieza; sin embargo en apariencia, la pieza quedó muy ennegrecida en su superficie por lo que se tuvieron que pulirse delicadamente lo cual también ayudó a dar una mejor tersura superficial, independientemente de la posterior lubricación que se les diera a éstas partes.

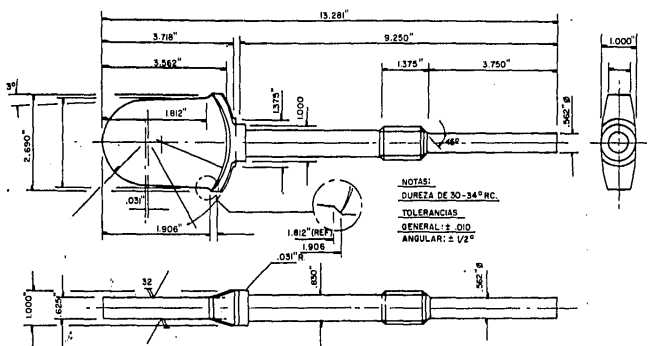
Al principio, al pedir las primeras muestras de compuertas tratadas de ésta manera vimos que tenían un problema en el tornillo pues como es una concentración de metal muy pequeña (el diente) se acumulaban ahí una gran cantidad de esfuerzos pues el diente no se retocó para redondearlo y sumándole a ello el tratamiento térmico por electrodo eléctrico sufrieron una pequeña cristalización que aunque conservaba la dureza, se volvió una roasca sumamente frágil que a las primeras de cambio o cuando comenzaba a trabajar con la cuerda de la tuerca de vástago, se rompía. esto se modificó y arregló, reduciendo el tiempo de exposición a los efectos del endurecimiento, que aunque bajo un poco la dureza en esas partes, lo cual no fue representativo, se ganó en calidad.

Finalmente para efectos de presentación del producto se le dio un tratamiento a base de sand-blast (o limpieza por chorro de arena) que eliminó por completo las manchas que habían dejado los electrodos del endurecimiento. este procedimiento consiste en arrojar óxido de aluminio a presión de manera que al momento de contacto con el metal de la compuerta deforme la superficie pero con el efecto solamente de cambiar su aspecto exterior, de ninguna manera es un desbaste ni quita material por el contacto. Sin embargo, existen en el mercado distintos calibres de grano de óxido de aluminio. Dependiendo del grosor dejará una superficie mas ó menos áspera. Este proceso es muy recomenda-

-ble para extraer el óxido superficial de piezas que han estado sometidas a ambientes húmedos que se han corroído. Su mayor uso se encuentra por ejemplo, en la industria astillera. Como ahí se tienen que cubrir grandes superficies, se utilizan para talefeco, boquillas de tungsteno o boro que resisten el constante golpeteo del óxido y durante mucho más tiempo que las boquillas de cerámica; aunque esta diferencia repercute directamente en el costo de una a otra. Para nuestro problema, dado que se tenían que limpiar cerca de 3,000 compuertas de los tres tamaños, se optó por adquirir una boquilla de tungsteno; de esta manera se agilizó el trabajo y se redujo el costo de la compuerta por no haber optado por la boquilla de cerámica.

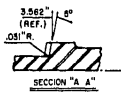
Para efectos de dar este tratamiento se construyó un cuarto especial para aplicar el óxido. Lo elemental de colocar en este cuarto era una mesa de placa de acero, de manera que pudiera resistir el golpe del óxido, además de un extractor de aire que daba hacia la calle para eliminar granulaciones de óxido que pudieran permanecer en suspensión y pudieran inhalarse y por último un equipo de seguridad apropiado para el operario, que consiste en un traje resistente, guantes, careta de protección y cubre boca, además de unos lentes y un cubre oídos pues llega un momento en que el ruido resulta ser molesto y llega a atrogiar el sentido del equilibrio.

La modificación en cuanto a rediseño de la pieza, fue el ensanchar ligeramente el diámetro del vástago, de manera que aprastara más contra el empaque del vástago. El incremento en diámetro fue de un 6.6%. Este valor fue relativamente pequeño porque se tenía que cuidar que el diámetro del vástago no topara con la cuerda de la tuerca de vástago, obstruyendo el mecanismo de apertura-cierre y que la compuerta no baje libremente, además se debe de sumar el valor en que se disminuyó el diámetro en el empaque del vástago.



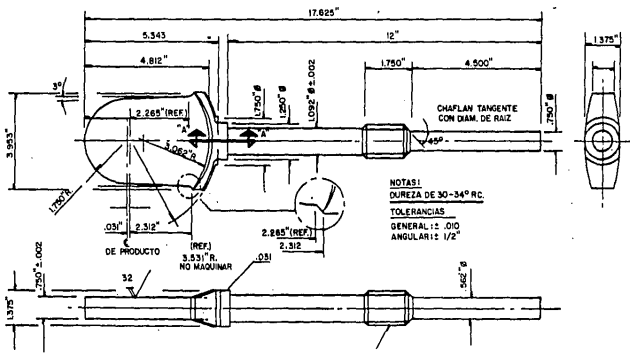
NOTAS:
 DUREZA DE 30-34° RC.
 TOLERANCIAS
 GENERAL: ± 0.010
 ANGULAR: ± 1/2°

ROSCA ACME DE 1-4 A 29° UNA. ENTR. IZQ.
 DIAM. MAYOR 1.000 ± .010
 DIAM. PASO862 ± .005
 DIAM. MENOR745 ± .005
 PASO250
 ALTURA TOTAL135"
 ALTURA BASICA125"
 ANCHO DIENTE125"
 ANCHO CRESTA0927
 ANCHO RAIZ087



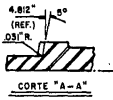
| | | | |
|-------------------------------------|---------------------|----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| COMPUERTA - VASTAGO 2 ^{da} | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUR | ESC. SIN | ADOT. PULG. No. 3A |

| |
|----------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. ± 1/32" |
| DEC. ± 0.010" |
| ANG. ± 1/2° |



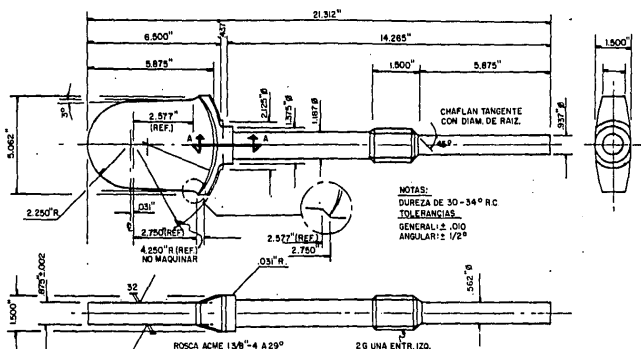
NOTAS!
 DUREZA DE 30-34° RC.
 TOLERANCIAS
 GENERAL: ± .010
 ANGULAR: 1/2°

ROSCA ACME DE 1/4-4 A 29° 2G UNA ENTR. 120.
 DIAM. MAYOR — 1.250 ± .010
 DIAM. PASO — 1.131 ± .010
 DIAM. MENOR — 1.000 ± .005
 PASO — .250"
 ALTURA BASICA — .129
 ALTURA TOTAL — .135
 ANCHO DEL DIENTE — .125
 ANCHO DE CRESTA — .092
 ANCHO DE RAIZ — .087



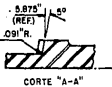
| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| COMPUERTA — VASTAGO 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. 5RI | ACOT. PULG. No. 3B |

| | |
|-------|-----------|
| TOL. | NO ESPEC. |
| FRAC. | ± 1/32" |
| DEC. | ± 0.010" |
| ANG. | ± 1/2° |



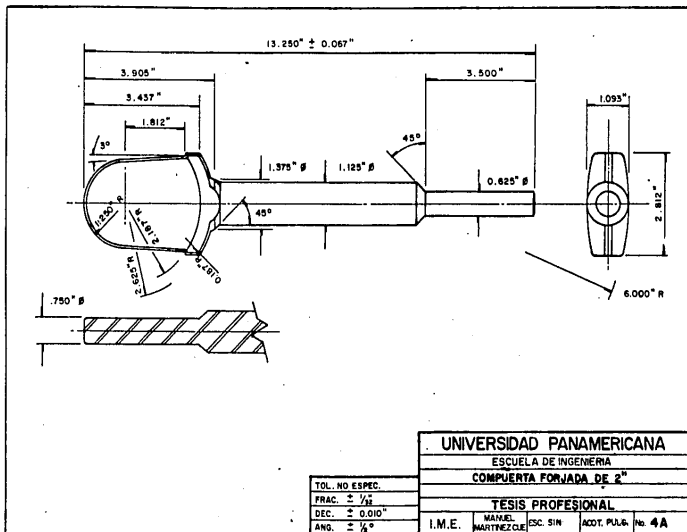
NOTAS:
 DUREZA DE 30-34° RC
 TOLERANCIAS
 GENERAL: ± 0.010
 ANGULAR: ± 1/2°

ROSCA ACME 1 3/8"-4 A 29°
 DIAM. MAYOR — 1.375 ± 0.010
 DIAM. PISO — 1.250 ± 0.010
 DIAM. MENOR — 1.095 ± 0.008
 PISO — .250
 ALTURA BASICA — .125
 ALTURA TOTAL — .135
 ANCHO DIENTE — .125
 ANCHO CRESTA — .092
 ANCHO RAIZ — .087



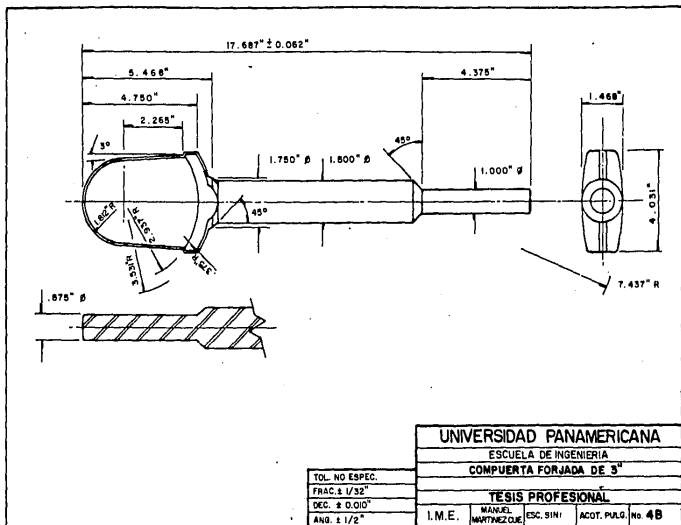
| | | | |
|--------------------------|-------------------------|----------|-------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| COMPUERTA - VASTAGO 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ OLIVERA | ESC. SIN | ACOT. PULG. No 3C |

| |
|----------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. ± 1/32" |
| DEC. ± 0.010" |
| ANG. ± 1/2° |



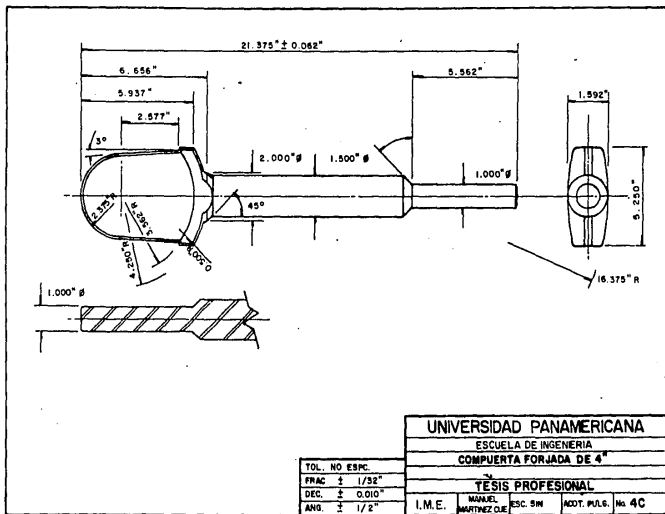
| | | | |
|--------------------------|--------------------|----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| COMPUERTA FORJADA DE 2" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZOLE | ESC. SIN | ACOT. PULG. No. 4A |

| |
|----------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. ± 1/32" |
| DEC. ± 0.010" |
| ANG. ± 1/4° |



| | | | |
|--------------------------|--------------------|-----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| COMPUERTA FORJADA DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ DE | ESC. SINI | ACOT. PULG. No. 4B |

| |
|--------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. $\pm 1/32''$ |
| DEC. $\pm 0.010''$ |
| ANG. $\pm 1/2''$ |



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

COMPUERTA FORJADA DE 4"

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPC.

FRAC ± 1/32"

DEC. ± 0.010"

ANG. ± 1/2"

I.M.E.

MANUEL MARTINEZ OJEDA

ESC. 598

MOD. PULS. No 4C

2.3.3 TUERCA DE VASTAGO.

Esta es una pieza multifuncional en cuanto a que por ella, muchas piezas complementarias pueden trabajar. es una pieza que se pensó en fundirla para aproximar las medidas finales; pero sin embargo, es factible de hacerla de barra hexagonal comercial en acero al carbono y luego enlucirlo (AISI 1018), pues sus medidas entre caras son estandard.

En su parte axial, se encuentra una perforación con cuerda ACME de rosca izquierda que coincide con la cuerda de la rosca de la compuerta que es rosca izquierda tambien. El propósito de ésto es el mecanismo de funcionamiento de la válvula. Sabemos que cuando se quiere apretar un tornillo cualquiera, se gira éste de derecha a izquierda y se desenrosca al revés. De igual manera, la válvula se debe de cerrar haciendo girar el volante de derecha a izquierda y abrirse de izquierda a derecha. Si la cuerda de la compuerta va enroscada en la cuerda de la tuerca de vástago y lo que se pretende es que lo que se mueva (para efectos de apertura-cierre) sea la compuerta, la tuerca de vástago debe de permanecer fija en su cavidad dentro del bonete, sin embargo, ésta es la que va a girar y no la compuerta pues la cabeza hexagonal de la tuerca coincide con la boca del volante y éste atrancamiento hace que gire la tuerca; pero que suba y baje la compuerta. Si el mecanismo fuera de rosca derecha a izquierda, lo cual se sale de los convencionalismos ya preestablecidos, sería difícil apreciar cual válvula ya instalada estaría abierta o cerrada y llevaría ésto a mas problemas en el campo.

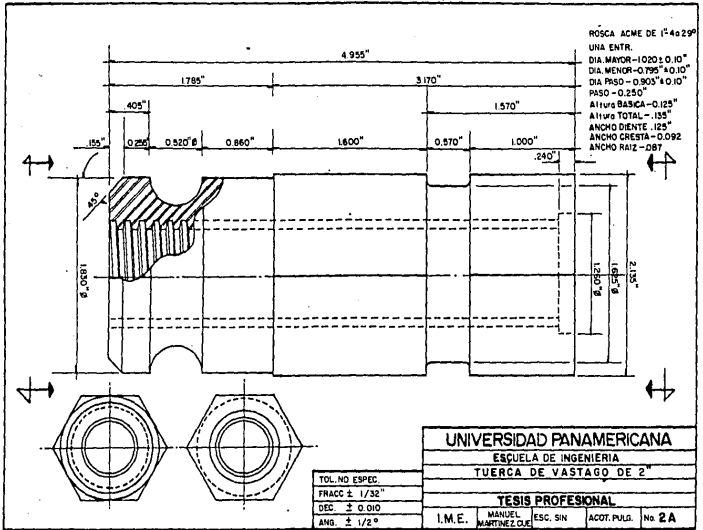
Por otro lado, en la misma cabeza, a la entrada del orificio de la cuerda ACME se encuentra una cavidad de un diámetro mayor de aproximadamente 1/8" de profundidad. Esta cavidad sirve para alojar a la arandela metálica cubierta de hule vulcanizado que tiene la misma forma que la cavidad y su diametro interno coincide con el diámetro del vástago en su parte superior. La función de ésta parte es la de evitar que penetre polvo o se corroa el interior de la

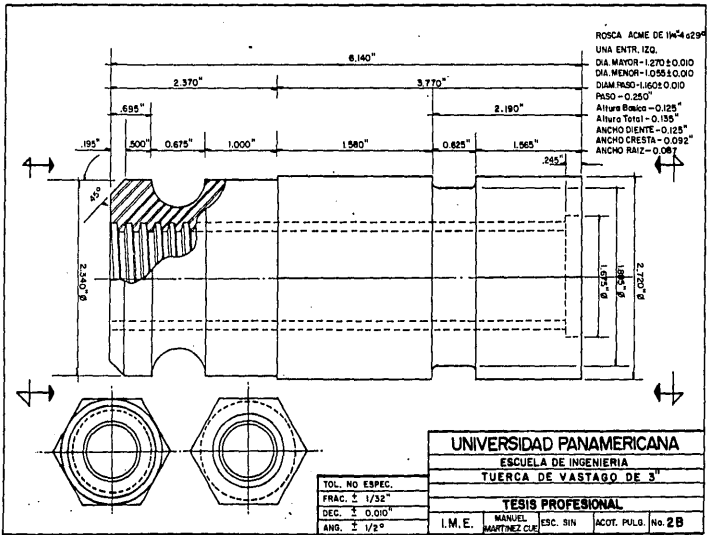
cuerda que en un determinado momento puede, alguno de éstos agentes, ocasionar que se trabase el mecanismo de apertura-cierre y no poder maniobrar o que el procedimiento resulte muy pesado en lugar de ser sencillo.

Mas abajo de la cabeza hexagonal, tenemos el primer maquinado, que es un terminado circular fino que es la parte de la tuerca que va a alojar al perno del seguro del volante y evitar, si el volante está colocado, que pueda éste desprenderse facilmente (éste mecanismo se explica mejor en el inciso del volante).

Finalmente, en la parte inferior tenemos otro maquinado, que se asemeja a un estrangulamiento de la pieza y conforma, precisamente, la pista interna del balero; es decir, es la otra mitad de la circunferencia donde van a correr las balas y permitir así, que la tuerca de vástago pueda girar libremente, como se vió, la otra mitad de la circunferencia en cuestión, está formada por las dos tazas del balero sostenidas con su respectiva cubierta del balero y que va alojada en el bonete. Aproximadamente la mitad longitudinal de la tuerca sobresale del bonete. Este contiene una grasera que permite la entrada de lubricante hacia el interior del bonete mismo y engrasar así su interior y el balero, haciendo mas fácil que gire la tuerca del vástago y por lo tanto el mecanismo de apertura-cierre de la compuerta.

La competencia hace éstas piezas de barra fundida, de aquí corta pedazos y los maquina. este proceso es mucho mas laborioso debido a que se tienen que hacer todos los maquinados, los cuales en cera perdida, ya vienen aproximados, inclusive el barrenado para la cuerda ACME y la cavidad para la arandela de protección. Otra ventaja es que el porcentaje de rechazo fue nulo lo cual no hubiera sucedido si se funde la barra comercial estandard. Esto es debido a que por la naturaleza misma de fundición en arena, es muy difícil fundir en éste proceso sin obtener en el producto final, piezas con porosidades y rechupes lo cual provocaría el rechazo de la pieza durante el maquinado y por tanto a pérdidas económicas.





2.3.4 BONETE.

Estos son una de las piezas mas críticas de la válvula en cuanto a que en ellos se alojan y se sostienen muchos elementos internos.

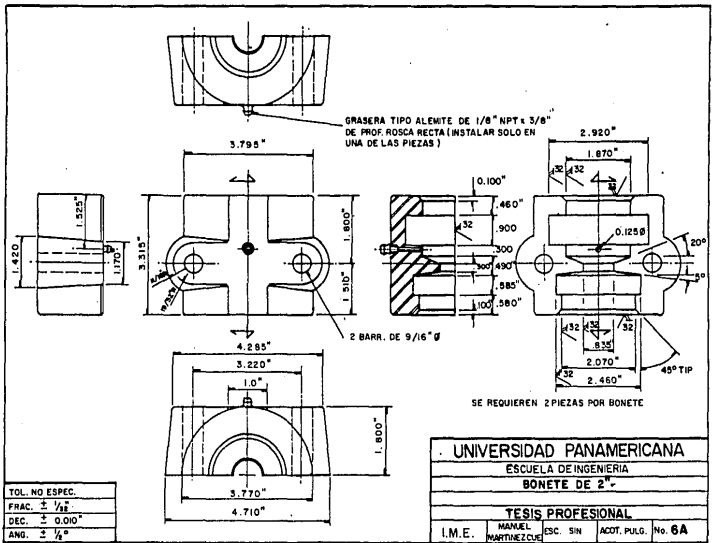
La configuración de los bonetes es sencilla es su apariencia externa pues son dos piezas idénticas, que al momento de unirse encierran y guardan a la tuerca de vástago y al balero respectivo. La union se lleva a cabo por un par de tornillos comunes de longitud preestablecida, según el tamaño de la válvula en cuestión y que llevan un revestimiento a base de cadmio (cadmiado) para evitar que se lleguen a oxidar y que la respectiva tuerca de apriete no se pegue al tornillo. Uno de los bonetes tiene un barreno taladrado en su parte media con el propósito de colocar en él una grasera, la cual va a permitir el paso del lubricante a la camara del balero. La grasera de tipo Alemite se adquirieron de acero para soportar altas presiones y no son del tipo automotriz.

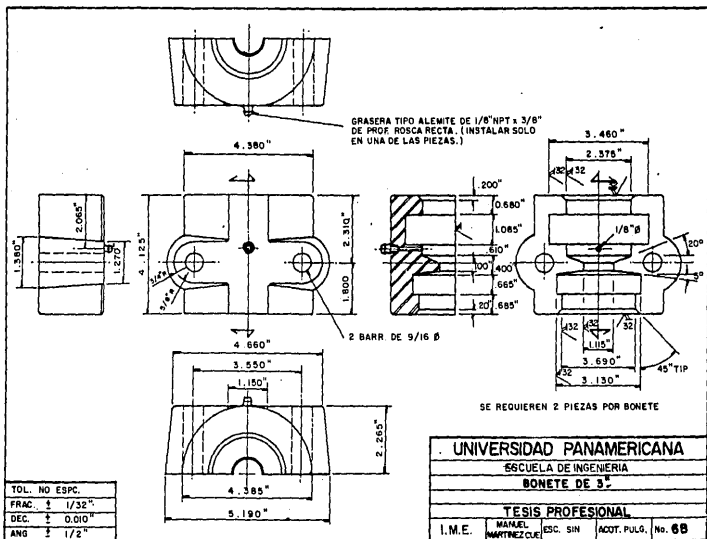
Una vez unidos los 2 bonetes en su parte interna, se encuentra una configuración irregular que consiste basicamente en una cámara de alojamiento del balero, alrededor de su tuerca de vástago. Los diversos estrechamientos que poseen los bonetes sirven basicamente de soportes para el descanso de la tuerca y para permitir el libre paso del vástago de la compuerta.

La manera que se hicieron éstas piezas, por su naturaleza interna tan irregular, fué necesariamente de fundición a la cera perdida, ésto permitió que la pieza al salir de su cáscara tuviera que darsele un maquinado mínimo que consistió basicamente en abrir la cámara del balero y dar una superficie regular y tersa a los estrechamientos donde descansaría la tuerca de vástago y abrir lo suficiente la gufa del vástago de la compuerta. Anteriormente, el cliente venfa adquiriendo éstas piezas forjadas lo que daba una presentación externa muy rugosa y era causa de un maquinado excesivo y costoso. La ventaja inmediata de la cera perdida es éste caso, es que no se tuvo ningún rechazo de piezas defectuosas, se ahorró en el maquinado de los barrenos para

los pernos pues llegaron a la medida y la presentación, en cuanto al acabado externo, no fué rugoso y no viene con rebaba por lo que no hay que retocarlos antes de maquinasarlos.

Las dificultades que se tuvieron en el maquinado fueron muy variadas y se debieron practicamente a que en un principio se prescindí de un dispositivo especial para el torno en el cual se colocaran los bonetes por juegos y se maquinasaran de manera correcta. Los primeros bonetes al maquinasarlos en el torno directamente, tuvieron el problema del centrado, aunque el tornero creía haber centrado bien sus piezas, por ser los bonetes de forma irregular, siempre hubo una ligera variación, aunque ésta fué pequeña de uno a otro bonete en el desbastamiento de la parte interna. el resultado consecuente a éste error fue la variación dimensional en la cámara, de manera que sus caras no respetaban un paralelismo respecto al plano de referencia. Para tal efecto se construyó un dispositivo que quedó fijo al cabezal del torno, para el momento en que se requirieran maquinasar éstas piezas y éste consiste en una placa redonda que en su parte media van soldados dos tornillos compatibles que se utilizan para cerrar ambos bonetes. De ésta manera resulta mas sencillo centrar en el taladro la placa redonda y así se asegura que todos los bonetes al insertarse en los tornillos y fijarse con tuercas queden en la misma posición.





2.3.5 EMPAQUE DEL VASTAGO.

Este empaque, al igual que los O-Rings y el empaque de compuerta que veremos mas adelante, está hecho de Buna-N con una dureza de 70 Shore, valor superior al valor de dureza que tienen los empaques de la competencia con el propósito de darle mas tenacidad a la pieza y que dure mas tiempo. Como su nombre lo indica, éste empaque se coloca en la parte interna del vástago de la compuerta (abajo de la cuerda sinfin) donde el diámetro del mismo es mas grueso. La ayuda que presta ésta pieza es significativa pues impide que existan fugas, por efectos de la presión, hacia la parte superior de la válvula. el empaque del vástago es un cilindro hueco cuya superficie superior es plana y la inferior es alabiada de tal manera que embone en ésta superficie el anillo de empaque que tiene una forma aproximada a una cuña y que en el momento de contacto con la superficie alabiada del empaque, el efecto producido es de abrir los labios de manera forzada, lo cual provoca dos cosas:

- 1) el empaque se aprieta contra el vástago a causa del labio interno del hule.
- 2) El empaque se aprieta contra la pared interna del cuello del cuerpo superior debido al empuje del labio externo.

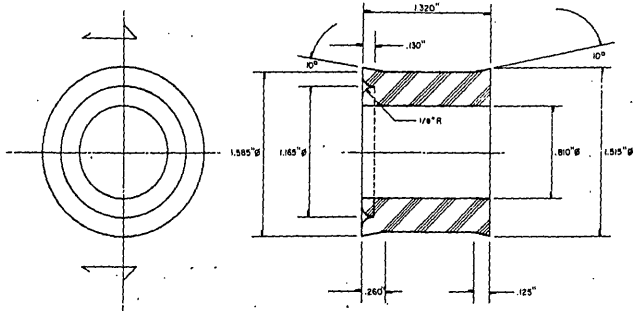
A diferencia del empaque del vástago de la competencia, se realizaron ciertas modificaciones al empaque hecho en México de manera que mejoraron sus características a la vez que fué mas funcional. el cambio básico que se hizo en el buje, en las tres medidas, fue el de disminuir el diámetro interno en un 5%. de la medida nominal de la competencia. A éste valor se auna el aumento en diámetro del vástago de la compuerta y la disminución del diámetro de la pared interna del cuello del cuerpo superior.

El efecto obvio era el lograr un mejor apriete del empaque del vástago contra el vástago mismo de la compuerta. (De hecho, la competencia hace el diámetro del hule mas grande que el del vástago; en nuestro caso se invirtió ésta característica), de manera que se redujera aún mas el posible riesgo de

una fuga por la parte superior de la válvula.

Como ya se pudo ver, el buje o empaque del vástago, va alojado en la cavidad interna del cuello del cuerpo superior de la válvula, por lo que está totalmente cubierta de algunas partes de la válvula excepto en la base superior (la plana), sin embargo para evitar que el empaque salga disparado por efectos de una sobrepresión independientemente de que al momento de que se ensambla, éste entre a presión al cuello del cuerpo, el bonete es el que impide que salga hacia arriba.

Otra protección que tiene ésta parte, aparte de la modificación que se le hizo en el diámetro interno es la de un angostamiento o reducción en la parte inferior, de tal manera que el empaque empieza con una medida de su diámetro en la parte superior y termina con otra medida, (mas pequeña), en la parte inferior. este efecto da mucho mas apriete e impide mucho mejor el paso de fluidos corrosivos a causa de la alta presión.



TOL. NO ESPEC.

FRAC. $\frac{1}{32}$ "

DEC. $\frac{1}{2}$ 0.010"

ANG. $\frac{1}{2}$ 1/2°

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

EMPAQUE DE VASTAGO DE 2"

TESIS PROFESIONAL

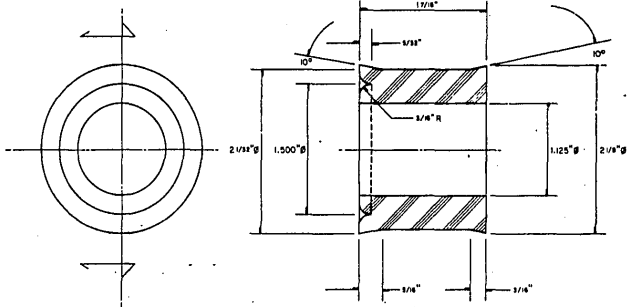
I.M.E.

MANUEL MARTINEZ CUE

ESC. SIN

ACOT. PULG.

No. 5A



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

EMPAQUE DE VASTAGO DE 3"

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPEC.

FRAC. 1/32"

DEC. 4 0.010"

ANG. 1/2"

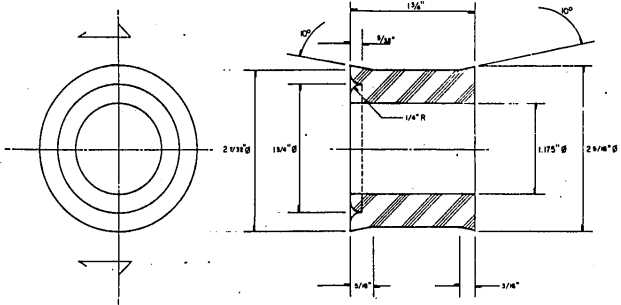
I.M.E.

MANUEL
MARTINEZ CUE

ESC. SIN

ACOT. PULG.

No. 58



| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| EMPAQUE DE VASTAGO DE 4" | | | |
| TOL. NO ESPEC. | | | |
| FRAC. $\pm 1/32"$ | | | |
| DEC. $\pm 0.010"$ | | | |
| ANG. $\pm 1/2^\circ$ | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULG. No. 5C |

2.3.6 ANILLO DE EMPAQUE.

Esta es una pieza que aunque pequeña, tiene una utilidad considerable sobre todo en el sistema de sellado de la válvula flex-seal. Esta pieza se aloja precisamente en el cuello interno del cuerpo superior de la válvula y descansa en dos escalones que tiene el cuerpo superior al terminar el cuello, por la parte interna y que ya vienen de fundición.

Tiene un orificio por el cual pasa libremente el vástago de la compuerta y su parte superior está maquinada de tal manera que se puede apreciar a lo largo de todo su perímetro un maquinado en pico que es la parte importante de la pieza.

Arriba exactamente del anillo de empaque, se aloja, como ya se dijo, el empaque del vástago. En el momento del cerrado de la válvula, el empaque del vástago se oprime y tiende a empujarse hacia abajo. También funciona en el momento en que la válvula está recibiendo presión: ésta tenderá a empujar al anillo de empaque hacia arriba por el cuello empujando al empaque del vástago por su parte inferior.

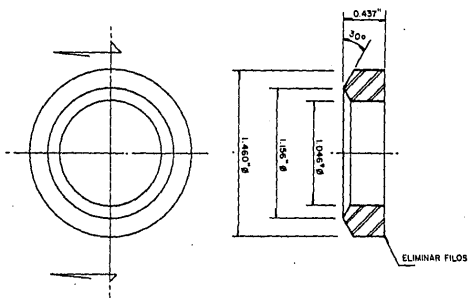
Este efecto hará que el anillo se comprima contra el empaque del vástago que tenderá igualmente a salir, sin embargo, estará obstruido arriba por el bonete. La configuración geométrica inferior del empaque del vástago, es similar a la parte superior del anillo que ya mencionamos, esto provocará que en el momento que ambas piezas se junten, paulatinamente se aprieten una contra la otra, se tendrá por consiguiente, un mecanismo de cuña; es decir el anillo penetrará en el empaque haciendo dos operaciones básicas:

- 1) Se tendrá un mejor apriete del empaque del vástago mismo de la compuerta. Esta fuerza la realizará la parte interna del empaque y por consiguiente, del anillo.
- 2) Se observará un mejor sellamiento del empaque con la pared interna del cuerpo superior de la válvula, fuerza que se provocará por la parte externa del empaque y del anillo.

Pese a los beneficios que trae ésta pieza con el constante contacto con el empaque, llega a deformarlo considerablemente por lo que es necesario cambiarlo frecuentemente.

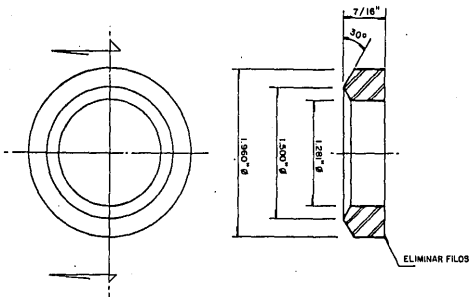
La forma en que el anillo debe entrar en el cuello del cuerpo superior, para efectos de ensamble, no es forzada, basta con que sea 5 milésimas menor el diámetro exterior del anillo al del cuello para que cumpla con su objetivo.

El material que se recomienda para fabricar ésta pieza es un acero AISI 4140 tratado térmicamente (templado).



| | |
|-------------------|--|
| TOL. NO ESPEC. | |
| FRAC. \pm 1/32" | |
| DEC. \pm 0.010" | |
| ANG. \pm 1/2° | |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|------------|----------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| ANILLO DE EMPAQUE DB-2" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I. M. E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN I | ACOT. PULG. No. 12 A |



| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------|----------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| ANILLO DE EMPAQUE DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| TOL. NO ESPEC. | FRACC ± 1/32" | DEC ± 0.010 | ANG. ± 1/2° |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ QUE | ESC. SIN | ACOT. PULG. No. 12 B |

2.3.7 CUERPO SUPERIOR E INFERIOR.

Estas, junto con las compuertas, fueron las piezas que quizá mas trabajo y problemas dieron por ser muy heterogeneas en cuanto a concentración de material de fundición. Desde antes de mandar fundir éstas piezas y por tanto de mandar maquinar los moldes respectivos se pensó en cambiar el diseño en el área de barrenos; es decir, la competencia, en su cuerpo inferior funde y deja ésta área ciega y despues los manda maquinar; pero con la característica de que no son barrenos totalmente pasantes sino que se les da una cierta profundidad y se les hace una rosca interna donde se introducen unos birlos a la medida, tambien roscados, de tal manera que el cuerpo superior pueda embonar, en sus barrenos perfectamente. El cambio realizado por la empresa fue el aprovechar la posible perfección que ofrece el acabado de la fundición en la cera perdida, de manera que hubiera un mínimo por maquinar y desde un principio se mandaron fundir, en ambos cuerpos (superior e inferior), los barrenos pasantes, con la idea de colocar unos pernos que atravesaran toda la longitud de ambos barrenos de los cuerpos. este cambio que era grande y modificaba sustancialmente el diseño original, tenía una ventaja de consideración y era el evitarnos el maquinar los barrenos del cuerpo inferior y tener que hacer cuerdas internas en ésta zona, lo cual representaba un ahorro económico bastante fuerte, sobre todo en el diseño y manufactura de instrumentales y dispositivos especiales muy complicados para las máquinas que se iban a utilizar.

Sin embargo, en el momento de que llegaron las piezas del primer pedido, al colocar nuestros pernos en el cuerpo inferior y querer hacer embonar el cuerpo superior en éstos cuatro pernos, fue totalmente imposible: lo que había pasado es que los barrenos fundidos habian sufrido una deflexión de unos cuantos grados lo que había provocado que se perdiera el paralelismo de uno a otro barreno. Para la válvula de 2", la medida del diámetro nominal de los barrenos es de aproximadamente de 1" con tolerancias de 0.005". La posible solución que se le dió al problema fué la de aumentar el diámetro del barreno aproximadamente en

0.032" de manera que la desviación pudiera ser corregida. esta nueva medida vino a modificar por completo la medida del perno en su diámetro de apriete pues se tuvo que ver incrementada. Ahora, del porque de la desviación de los barrenos, la primera opción que se propuso fue que, por el hecho de que el cuerpo inferior de la válvula no es homogéneo en toda su geometría, sino que presenta un angostamiento en su parte inferior, se supuso, lógicamente que en el momento de que la pieza salía caliente de la concha de arena, la contracción normal del material ocasionaba el desvío en los barrenos, de igual manera se pensó que la dificultad podía presentarse en el momento de que se fundía la cera en el molde y por ser un pieza voluminosa, y poco homogénea, la cera era la que sufría la contracción. Sin embargo, al averiguar en literatura acerca de fundición en cera, se encontró que estas imperfecciones están ya contempladas por el proceso y que éste tipo de fundición tiene sus limitaciones en cuanto al tamaño de la pieza que se quiere fabricar.

El proceso mantiene ciertas tolerancias en cuanto a lo derecho que puedan salir los barrenos y se tiene perfectamente contemplado el grado de arco que puede sufrir una geometría de éste tipo. Según la teoría de fundición de cera, el paralelismo se pierde en 0.010" por cada pulgada de longitud. De igual manera se pueden ver afectadas la angularidad y el posicionamiento mismo de los agujeros en cuestión.

Otra imperfección que se encontró en las piezas fundidas era un encorvamiento de las partes planas, lo cual también está contemplado por el proceso. Este parámetro de encorvamiento depende en nuestro caso del ancho de la pieza fundida y que en el caso de la válvula corresponde a la altura del barreno mismo. Este problema se detectó en el momento de limpiar las caras planas de uno y otro cuerpo pues se encontró que la medida que se le había dado al maquinador resultaba muy poca y solo limpiaba en los extremos de la superficie y la parte media quedaba intacta y es cuando se comprobó ésta desviación, por ello se tuvo que desbastar aún mucho más que lo que se tenía previsto.

Otra desviación que se encontró fue la excentricidad del barreno con respecto al diámetro exterior que lo contiene. esta desviación también está verificada y prevista por el proceso: el parámetro de tolerancias está determinado en su caso por los diámetros y la longitud del barreno. Por ejemplo: un cilindro hueco de 3" de diámetro exterior y 2" de diámetro interior por 4" de longitud, sufrirá una desviación en la excentricidad de 0.005" con respecto al eje coaxial de ambas medidas.

La regla a seguir para encontrar la desviación en la excentricidad de los barrenos es la siguiente:

- Por cada pulgada de diferencia que exista entre el diámetro exterior e interior del barreno serán 0.005". Esto arrojará un resultado. Además se debe de calcular la desviación de excentricidad debida a la longitud misma del barreno y ésta se determina multiplicando la desviación unitaria por pulgada por la longitud total ó altura del barreno. del ejemplo anterior, la diferencia entre los diámetros (3" - DE y 2" - DI) era de 1" por lo que la desviación por diámetros es de 0.005"; sin embargo a ésta cantidad se le suma la cantidad de desviación correspondiente a la altura: 4" x 0.005" = 0.020", por lo que la desviación total será de 0.025".

Para nuestro caso concreto, en la válvula de 2", lo que se presentó fue lo siguiente:

Diámetro exterior: 2.5"

Diámetro interior: 1.0"

Longitud: 3.25"

Por tanto: 2.5" - 1.0" = 1.5", es decir: 0.005" + 0.0025" = 0.0075" (1)

Por otro lado: 3.25" x 0.0075" = 0.0243" (2)

sumando (1) + (2): 0.0075" + 0.0243" = 0.0318" (aproximadamente 1/32") de desviación en el eje de ambos cilindros.

Esta desviación se arregló con un mandrinado que se le hizo a cada barreno y que corrigió a la vez el error en el paralelismo de los mismos y que como ya se

mencionó, consistió en abrir el diámetro interno del barreno $1/32''$ del diámetro originalmente previsto.

En cuanto a las tolerancias en todas éstas desviaciones e imperfecciones, aunque pueden ser perfectamente detectables y mensurables, se pueden aún disminuir; sin embargo el costo se eleva necesariamente. Por ello en el proceso se definen dos tipos de tolerancias:

- 1) Tolerancias Normales: son tolerancias que pueden ser esperadas en una producción repetitiva y en serie en todas las dimensiones de la pieza de fundición.
- 2) Tolerancias Premium: Son aquellas que para obtenerse, se requiere de operaciones adicionales a un costo extra y en mucho depende de la configuración de la pieza y de la aleación del metal mismo. Esto en cuanto a tolerancias de tipo lineal.

En cuanto a los cuerpos de la válvula en sí, su maquinado fue de los más difíciles también de entre todas las demás piezas constitutivas del grupo. Uno de los propósitos al inicio era de que al maquinarse éstas piezas, se maquina-
ran cuerpos superiores con superiores e inferiores con inferiores de tal manera que se estandarizaran y cualquier cuerpo superior pudiera embonar perfectamente con cualquier inferior; sin embargo, dadas las desviaciones encontradas a causa del proceso de fundición, esto ya no pudo hacerse. Por otro lado no representa mayor dificultad pues éstas piezas no son refacciones y si se desgasta uno u otro, la reposición de la válvula es total. La única dificultad estribó en encontrar y aparear cuerpos superiores cuyos barrenos coincidieran en lo más posible con los inferiores. Para ello se tuvieron que construir dispositivos de maquinado especiales para hacer el ranurado interno donde se sujetarían los extremos roscados o bridados.

Independientemente de todas las dificultades e impedimentos que da la fundición de cera perdida, una de las grandes ventajas que se obtuvieron por seguir éste método fue el gran ahorro en el maquinado interno del cuerpo superior,

cosa que la competencia tiene que hacer y por otro lado el haber evitado las mermas obligadas en la fundición en arena por porosidades y rechupes forzosas que hubieranse encontrado y que en fundición por cera perdida no se tiene. De hecho no se tuvo ningun rechazo por ésta causa.

En el caso de Cameron, su cuerpo superior está a la vez dividido en dos partes para poder maquinar facilmente y una vez hecho ésto tienen que soldar ambas, lo cual da un acabado poco estético y a la vez que se requiere de maquinaria y herramienta especial para dejar la calidad de superficie deseable.

En nuestro caso, la fundición en cera deja las cavidades internas del cuerpo superior con una rugosidad mínima y si acaso se tiene que rebajar, ésto se hace con piedra de esmeril; ésto debido a la diferencia que hay entre un molde de arena y otro de concha de arenas configurado con un prototipo de cera que da una tersura óptima y sumamente conveniente para éste tipo de piezas.

La geometría que presenta el cuerpo superior es de las mas complejas de toda la válvula flex-seal pues su interior se encuentra una boca semiovalada por la que debe de pasar el contorno de la cabeza de la compuerta; sin embargo una característica de ésta boca es que debe de ser cuando mucho 0.003" mas grande en su contorno que el contorno o perfil de la compuerta misma y ésta tolerancia nos la da solamente la cera perdida sin tener que maquinar.

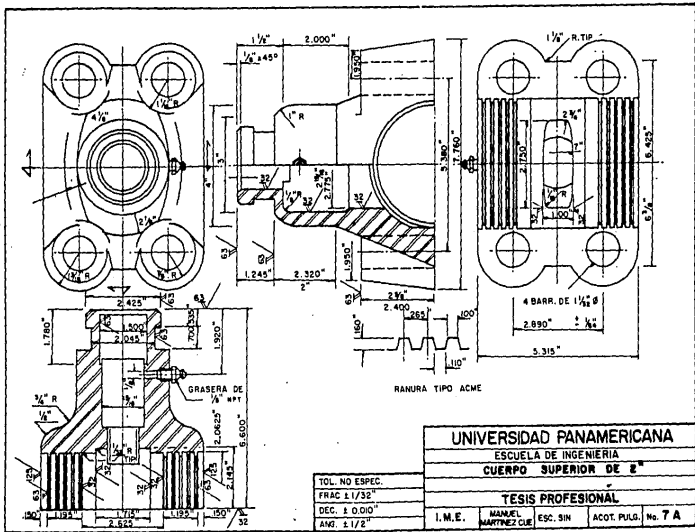
Una característica muy importante que se debe de cuidar en el momento de maquinar el conjunto brida-cuerpo es el de ver que la distancia entre bridas una vez colocadas en sus lugares sea la adecuada y que sea la indicada por la válvula original (en el caso de la válvula de 2" se vio que lo necesario para que entre el conjunto empaque de compuerta-plateos de desgaste a la cavidad formada por ambos extremos con sus o-rings colocados es de 2.665" y para la válvula de 3" de 3.185").

Alterando éstas medidas repercutiría en que el empaque se mueva dentro, desajustándose y procurando así, una salida potencial del lodo de perforación.

Por otro lado, para efectos de ensamble de la válvula, el cuerpo superior, tiene, en una de sus caras, un orificio para colocar una grasera que se adquirieron de acero para que soportaran presiones nominales de 10,000 psi. Es muy importante después de armar totalmente una válvula el llenarla de grasa en su interior, por medio de la grasera. Esto es con la finalidad de que la grasa misma ayude al sellamiento de pequeñas cavidades que hallan quedado sin sellar. La presión misma, al momento de ir aumentando, empujará a la grasa y se irán llenando éstas cavidades que podrían resultar posibles fugas del fluido.

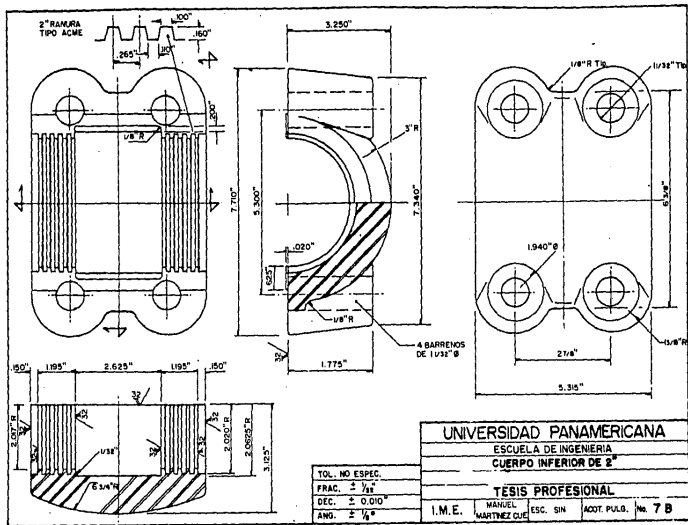
En cuanto a las razones de fundir en cera perdida en lugar de forja, que es como lo venía haciendo la competencia, son:

- a) En forja, el cuerpo superior se tiene que hacer en dos piezas, maquinar ambas por separado y luego unir las por soldadura. Los resultados son buenos, sin embargo, acarrea muchos procesos que encarecen más la válvula, en especial la soldadura. Esta se aplica en los biceles que se encuentran en los bordes de cada parte del cuerpo superior, que al unirse forman una V que a manera de ranura sirve para alojar los cordones de soldadura.
- b) En forja, la cavidad interna del cuerpo superior; es decir, donde se aloja la compuerta cuando la válvula está abierta, viene con un exceso de material que debe de ser removido, de otra manera, la válvula nunca se abriría. La cera perdida en cambio, da ésta cavidad limpia y se deja sin maquinar ahorrando tiempo y dinero.
- c) El porcentaje de rechazo por fundir en cera es notoriamente menor que el rechazo en forja debido a que se reduce la posibilidad de encontrar microporos y rechupes, perjudiciales para la válvula. Si tomamos en cuenta, por otro lado, como opción a la fundición en arena, como ya se dijo anteriormente, la calidad de ésta deja mucho que desear en relación a la de cera y las desventajas no son muy distintas a las que presenta la forja, excepto en que el rechazo de piezas puede aumentar, (solo una muy buena fundición en arena, se podría comparar con la forja.)



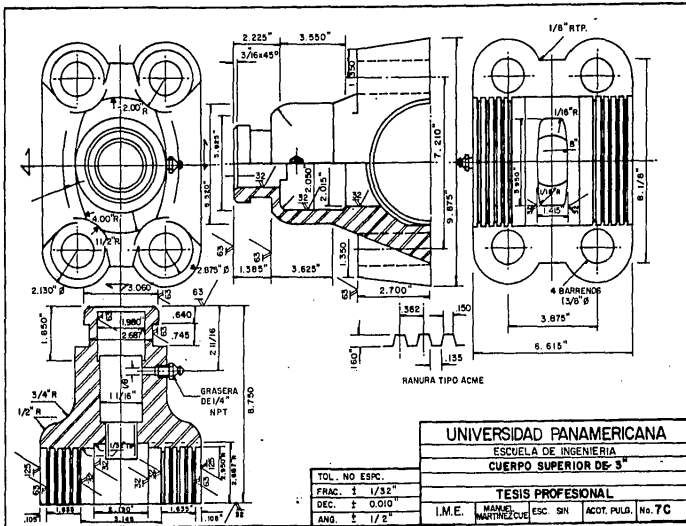
| | | | |
|-----------------------------------|----------|---------------------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| CUERPO SUPERIOR DE 2 ^o | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| TOL. NO ESPEC. | I. M. E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESQ. 5IN |
| FRAC. $\pm 1/32$ " | | | ACOT. PULG. No. 7 A |
| DEC. ± 0.010 " | | | |
| ANG. $\pm 1/2$ " | | | |

ESTA TESIS NO DEBE
 SAIR DE LA BIBLIOTECA



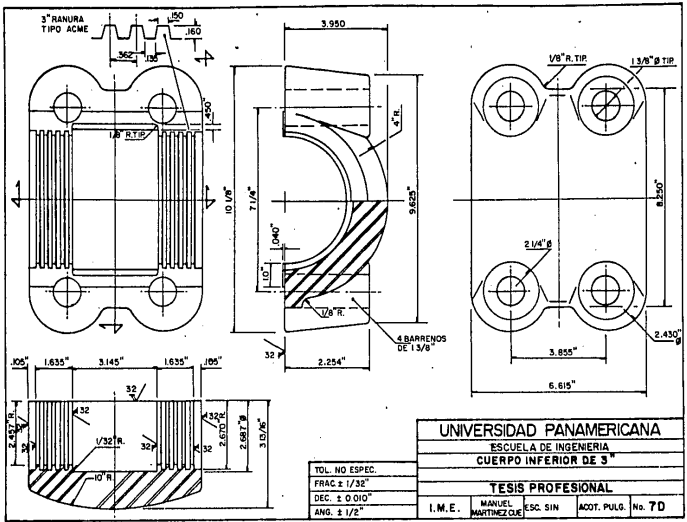
| |
|------------------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. $\pm \frac{1}{32}$ " |
| DEC. ± 0.010 " |
| ANG. $\pm \frac{1}{4}^\circ$ |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| CUERPO INFERIOR DE 2° | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I. M. E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULG. No. 7 B |



| | |
|-------|----------|
| TOL. | NO ESPC. |
| FRAC. | ± 1/32" |
| DEC. | ± 0.010" |
| ANG. | ± 1/2° |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|---------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| CUERPO SUPERIOR DE-3° | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MARCELO MARTINEZQUE | ESC SIN | ACOT. PULG. No. 7C |



| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| CUERPO INFERIOR DE 3° | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULG. No. 7D |

TOL. NO ESPEC.
 FRAC. ± 1/32"
 DEC. ± 0.010"
 ANG. ± 1/2"

2.3.8 PERNOS DEL CUERPO

En lo que respecta al perno, se convino en modificarlo radicalmente del diseño original de la válvula de Oteco y Cameron. El diseño original consistía en dejar ciegos los barrenos del cuerpo inferior y superior de fundición y posteriormente barrenarlos hasta una cierta profundidad y machuelearlos finalmente. No se hizo de ésta manera desde un principio pues la maquinaria que se tenía no podía hacer éste trabajo con exactitud por lo que los barrenos fueron llegando pasados desde el principio de fundición:

Se pudo haber resuelto sencillamente el problema ahorrándose la compañía un maquinado a base de rimados y avellanados de éstos barrenos simplemente pasando un esparrago o birlo de un extremo a otro de la válvula y atornillándole con tuercas en ambos extremos; sin embargo se quiso respetar un poco más el factor estético y tratar de resolver el problema cuidando la forma y contornos originales de la válvula. Por ello se diseñaron éstos pernos forjados. Se decidió por cierto en la forja pues como tienen que ser de una sola pieza y el diámetro de la cabeza es significativamente mayor que el diámetro del tornillo, maquirarlos de barra hubiera significado unagran cantidad de pérdida en material durante el torneado y esto obviamente elevaría el costo de la pieza en sí. De ésta manera forjando el perno ya tendríamos el contorno muy aproximado a las dimensiones finales y además lograríamos una pieza fuerte pues la orientación de los esfuerzos que se logran con éste proceso ayudarían a lograr una resistencia a la torsión, necesaria para ésta pieza. el proceso que se siguió en el perno fue primeramente el forjado con la cabeza cilíndrica y luego el maquinado. en cuanto al diámetro que se le fuera a dar a la cabeza fué determinado por el diámetro al que se fresarían los "spot-face" de los cuerpos inferiores; es pues que éste maquinado fue necesario hacerlo primero. Una vez fresados los spot-face (superficie donde descansan las cabezas de los pernos) de los cuerpos inferiores, se tomó la medida y se copió en el diámetro de la cabeza del perno de manera que se fingiera una continuación del cuerpo al perno sin que fuera muy notoria. Se cuidó mucho el tratar de no matar los filos que

se forman durante el fresado y torneado de ambas piezas de manera que no se pudiera ver la división. El problema siguiente surgió cuando se trató de ver como se sostendría el perno dentro del cuerpo inferior y evitar que rotara al ponerle la tuerca de capuchón y se apretara contra el cuerpo superior. Lo que se hizo al respecto fue el medir el diámetro del barreno una vez rimado del cuerpo inferior y a ésta cantidad añadirla 0.002" al diámetro del tornillo solamente en la parte que fuera cubierta por el cuerpo inferior. Con ésta milésima de pulgada "en cada lado" del perno bastaría para que por simples manipulaciones el perno nunca entrara en el cuerpo inferior sino que se necesitara de una prensa neumática para introducirlos. Una vez introducidos fue muy difícil hacerlos girar y así se pudieron armar las válvulas con facilidad. Además, con el tiempo, las superficies de contacto del perno y el barreno del cuerpo inferior se oxidarían fomentando así la unión de ambas partes. En cuanto a la resistencia del perno en sí en comparación con el esparrago que utiliza la competencia, podemos decir que con el simple hecho de que se sustituyó el hacer cuerda en un extremo por dejar en su lugar una cabeza sólida, aumentó significativamente la resistencia axial. El proceso a seguir durante el maquinado fue el hacer la cabeza cilíndrica de manera que se pudiera tomar con el chuck del torno y no cónica como quedaría finalmente pues en ese caso resultaría difícil el torneado del tornillo pues de ésta manera se sujetaría en 3 puntos y no en 3 rectas como es lo deseable. Una vez acabado de maquinar el tornillo se maquinaría nuevamente la cabeza haciéndola cónica.

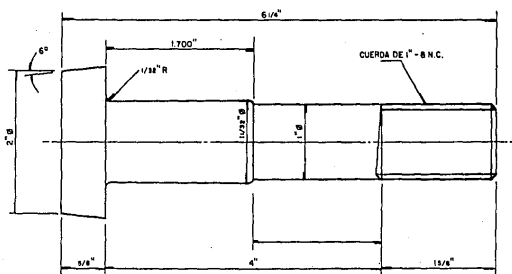
Finalmente, un detalle de maquinado que lleva el perno fue el hacerle un forma curvada en el punto de unión de la cabeza y el tornillo con el propósito de evitar una concentración de esfuerzos en ese punto que pudieran ocasionar más tarde una fisura y el rompimiento del perno en ese punto.

En cuanto al material que se utilizó para ésta pieza, se convino que fuera uno duro como el AISI 4140 que contiene la combinación cromo-molibdeno que lo hace

tenaz. La norma petrolera que rige al birlo o "perno petrolero" es, según la especificación de la ASTM, la A-193 Grado B7.

Hubo el caso de que algunos pernos entraran en los barrenos del cuerpo inferior holgados dado que éstos venían pasantes y excedidos en su medida, por muy poco, lo que se hizo fué moletear los pernos en la parte de ajuste con la pared interna del barreno del cuerpo inferior.

Este maquinado hizo que se "levantara" el material del perno unas milésimas lo que hizo que entrara éste mas ajustado y con mayor tonelaje de prensa a su barreno respectivo. El tonelaje promedio utilizado para introducir los pernos sin rasgar las paredes internas del barreno y que el perno mismo no tuviera opción a girar fué de 9 a 11 toneladas.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

PERNO DE 1/2"

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPEC.

FRAC. ± 1/32"

DEC. ± 0.010"

ANG. ± 1/2°

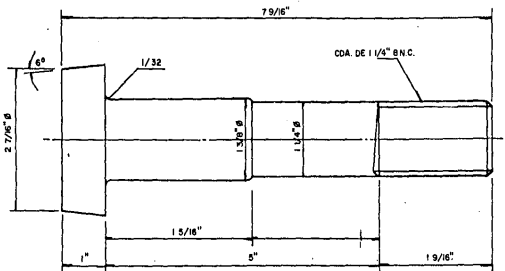
L.M.E.

MANUEL MARTINEZ CUE

ESC. SIN

ACOT. PULO.

No. 14 A



| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| PERNO DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULG. No. 14B |

| | |
|---------------|--------|
| TOL. NO ESPC. | |
| FRAC. \pm | 1/32" |
| DEC. \pm | 0.010" |
| ANG. \pm | 1/2" |

2.3.9 TUERCAS DE CAPUCHON.

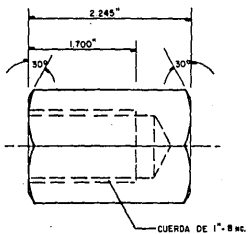
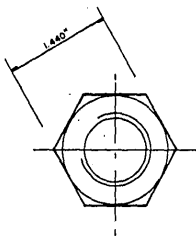
Es la pieza complemento del perno del cuerpo inferior y tiene las mismas características en la cuerda. En cuanto a la calidad del material a utilizarse, por norma debe de usarse un material mas blando, preferentemente con ligeras cantidades de plomo lo cual hace que bajo condiciones de torsión o de grandes esfuerzos, la tuerca de capuchón sea la que ceda por su baja dureza (15-20 Rc) y no el perno (35-40 Rc). La norma según especificaciones ASTM que rige a la tuerca petrolera, es el grado 2H. Estas tuercas se maquinaron de barra hexagonal en calidad AISI 1045. Las diferencias que se presentan en ésta pieza en comparación con las tuercas originales son únicamente en las distancias entre caras del hexágono; ésto es porque la competencia funde sus barras hexagonales para tuercas a una medida no estandard y a partir de ahí las corta a la medida y las maquina. Válvulas Petroleras combino, por el contrario, en hacer éstas piezas de barra comercial estandard, cuyas medidas en el mercado venían ligeramente menores a las medidas de la competencia. Si los diámetros de los pernos se respetaron, el hecho de reducir un poco la distancia entre caras, haría que el espesor de la pared de la tuerca cambiara ligeramente, adelgazándose; sin embargo, éste cambio no repercutió en consecuencias serias y se pudo utilizar la herramienta que fabrica la competencia para apretar sus tuercas (llaves de impacto), habiendo solamente un pequeño huelgo o juego entre las paredes de la herramienta y la tuerca en sí.

Es importante, durante el maquinado, el matar bien los filos de las aristas de la tuerca, sobre todo el de las caras hexagonales pues despues del maquinado suelen salir bastante afiladas y podrian cortar a la persona que las esté operando. Para tal efecto se procuró redondear en el torno lo mas posible éstos extremos.

Por otro lado, la cara de apriete; es decir, la cara inferior de la tuerca que toca contra el spot-face del cuerpo superior de la válvula, tiene un aca-

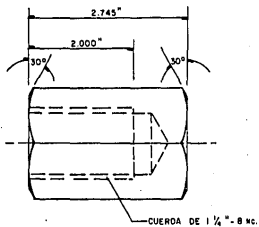
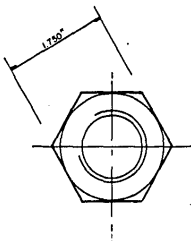
-bado especial llamado "de rondana", realizado durante el torneado y cuyo fin es el de reducir el area de contacto de la tuerca contra la superficie del spot-face del cuerpo superior de manera para que en igualdad de circunstancias de torsión que se aplique en la llave de impacto para apretar la tuerca, la fuerza de apriete aumente considerablemente (hablando de fuerza de contacto).

En cuanto a la cantidad de cuerda del perno que debe de penetrar en la tuerca de capuchón, la regla mecánica dicta que debe de introducirse al menos la medida del diámetro del perno en cuestión, para que no haya peligro de un desprendimiento a causa de las altas presiones, de la tuerca y el perno.



| |
|------------------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. $\pm \frac{1}{16}$ |
| DEC. ± 0.010 |
| ANG. $\pm \frac{1}{2}^\circ$ |

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| TUERCA DE CAPUCHON DE 2" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULD. No. 15A |



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

TUERCA DE CAPUCHON DE 3"

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPEC.

FRACC. $\pm 1/32"$

DEC. ± 0.010

ANG. $\pm 1/2^\circ$

I.M.E.

MANUEL
MARTINEZ CUE

ESC. 51N

ACOT. PULO

NO. 158

2.3.10 EMPAQUE DE COMPUERTA.

Esta pieza representa otra de las refacciones que comunmente se tienen que sustituir a causa de la continua corrosión y abrasión a la que se ven sometidas éstas piezas por los fluidos de perforación que contienen sustancias que provocan éstos desgastes tales como el ácido sulfhídrico (H_2S).

El empaque de compuerta es el corazón mismo de la válvula y el que ayuda, en gran parte, al sellamiento cuando la válvula está a altas presiones. Su geometría es caprichosa debido a que cada una de sus partes juega un papel importante en el sellamiento. En primer lugar tenemos las dos cavidades donde se alojan los platos de desgaste. este par de cavidades tienen los mismos contornos que los platos de manera que puedan encajar perfectamente en ambos lados y queden bien centrados y paralelos uno del otro. La única diferencia perceptible entre ésta cavidad y el plato mismo es que el diámetro exterior del plato es ligeramente mayor que el diámetro de la cavidad del empaque donde el plato se aloja. Esto es con el objeto de que el plato pueda entrar con cierta dificultad y se atore bien en su cavidad respectiva.

Otro factor que ayuda a que el plato no pueda salirse son las estrías que se encuentran en el diámetro interno de la cavidad del empaque, en concreto, donde se ajustan los cantos de los platos que también tienen éste dibujo.

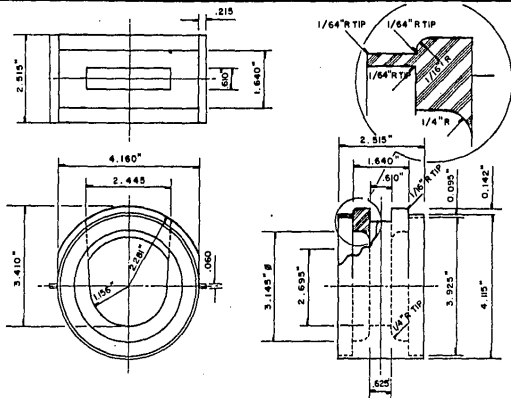
Estas estrías son hechas con el torno en el caso del plato y en el empaque ya vienen del molde. este contacto entre estrías (calculado a 16 hilos por pulgada). provoca un afianzamiento entre ambas partes y reduce además el riesgo de una posible fuga del fluido entre éstas partes.

Un detalle interesante de ésta pieza es que el contorno de la mitad superior tiene la misma forma que la parte interna del cuerpo superior, de la misma manera que el plato y su correspondiente cavidad. Un detalle importante y que conforma un punto crítico para el sellamiento es el siguiente: al encontrar los dos cuerpos (superior e inferior), un maquinado relevante es el torneado

de las superficies que aprietan los cantos de los platos de desgaste. Hasta el momento hemos dado a entender, someramente, que todos los componentes internos de la válvula ahuecados, funcionan como un tubo que debe de ir muy bien sellado para impedir cualquier clase de fugas. Por lo mismo es prudente mencionar que en el maquinado de ambos cuerpos, el diámetro que cubrirá la ceja protectora del empaque, de los platos de desgaste, debe de ser muy importante. Al hacer una serie de mediciones (por ejemplo para la válvula de 2"), se llegaron a ciertas conclusiones para determinar que cantidad de apriete debe de darse a la ceja del empaque para impedir fugas, sin llegar al grado de destruir la ceja misma. Partiendo de la medida del diámetro externo del plato de desgaste de 2" que es de 4". Se le dio al diámetro interno de la ceja una medida de 3.950", de manera que hubiera 0.025" de apriete por cada lado (llamemole así). Por otro lado, si damos 0.100" de grosor de pared a la ceja del empaque, tenemos que el diámetro exterior total final sera de $4.00" + 2(0.100") = 4.200"$.

Se convino, por otro lado, que al tornearse el diámetro correspondiente en los cuerpos, se le dieran la medida de 4.120", de manera que hubiera un apriete de los cuerpos a la ceja de 0.040" por cada lado. esta cantidad se consideró suficiente para evitar fugas por ésta zona.

La parte central del empaque contiene una cavidad que es donde se introduce la compuerta y cuando ésta esta baja totalmente, el hule de alrededor del canto de la cabeza de la compuerta, adopta la forma de la misma, es por ello que aunque el contorno de la paleta en el empaque deba de ser el mismo que el de la cabeza de la paleta, las dimensiones del hule son ligeramente menores precisamente para que la paleta al penetrar al empaque, vaya abriendo la cavidad y permita un mejor sellamiento. Por último mencionaremos otro detalle del empaque localizado en la parte media del mismo. Se podrán encontrar 2 prominencias o cejas que se alojan en la cajuela fresada en el cuerpo inferior. Como el ancho de ésta ceja es ligeramente mayor que la profundidad de la cajuela en el cuerpo inferior, al apretarse con el cuerpo superior (que es plano) forma otro sellamiento.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

EMPAQUE DE COMPUERTA DE 2"

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPEC.

FRAC. \pm 1/32"

DEC. \pm 0.010"

ANG. \pm 1/2°

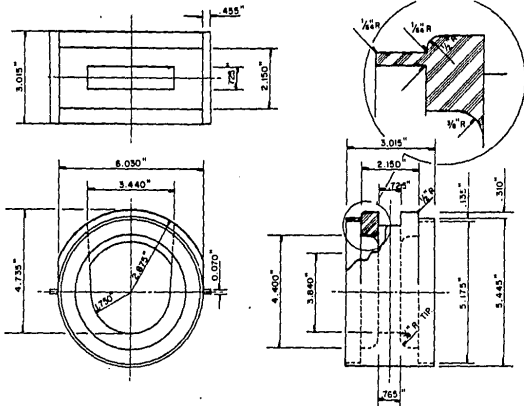
I.M.E.

MARQUEL
MARTINEZ CUR

ESC SIN

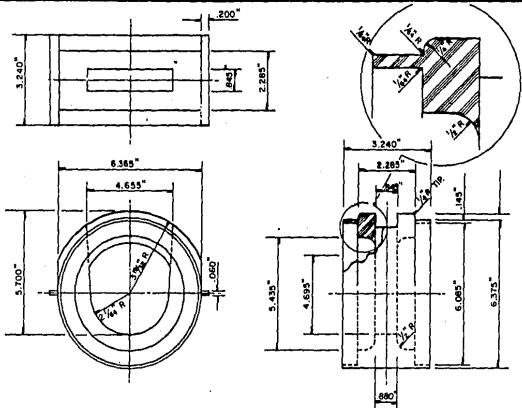
ACOT PULO.

No. 8A



| |
|-------------------|
| TOL. NO ESPC. |
| FRAC. \pm 1/32" |
| DEC. \pm 0.010" |
| ANG. \pm 1/2° |

| | | | |
|----------------------------|---------------------|---------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| EMPAGUE DE COMPUERTA DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ QUE | ESC SIN | ACOT. PLAQ. No. 8 B |



| | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| EMPAQUE DE COMPUERTA DE 4" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. 91N | ACOT. PUXG. No. 8C |

| |
|------------------------|
| TOL. NO ESPC. |
| FRAC. $\frac{1}{32}$ " |
| DEC. ± 0.010 " |
| ANG. $\frac{1}{2}$ " |

2.3.11 PLATO DE DESGASTE.

Esta pieza constituye otras de las refacciones que continuamente se tienen que intercambiar del interior de la válvula y van colocados dentro del empaque de compuerta el cual tiene dos cavidades donde entran, por cada lado, los respectivos platos. estas cavidades son perfectamente amoldables a las características geométricas de los mismos. La funcionalidad del plato radica basicamente en sus caras las cuales deben de tener un maquinado especial a base de rectificadas por piedra de esmeril y posteriormente un asentado con grano de arena muy fino. Este acabado es requerido debido a que sobre éstas caras se efectúa el sellado mas importante de la válvula y que resulta ser el mas inmediato. Se trata del sello de los O-Rings, colocados en la cavidad de los extremos roscados que estarán en contacto continuo con la cara exterior del plato. Es de suma importancia el lograr un acabado casi de espejo en ésta cara del plato y que sea completamente paralela a la cara interna de manera que cuando se aplique la presión ésta se pueda distribuir uniformemente a lo largo de todo el perímetro del O-Ring y éste cumpla con su finalidad de sellado. Si no fuera así; es decir; si ambas caras del plato no estuvieran perfectamente paralelas, la presión que hace el O-Ring contra la cara exterior del plato no sería uniforme y habría seguramente una posibilidad de fuga.

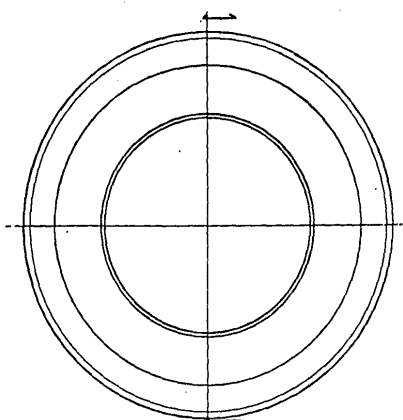
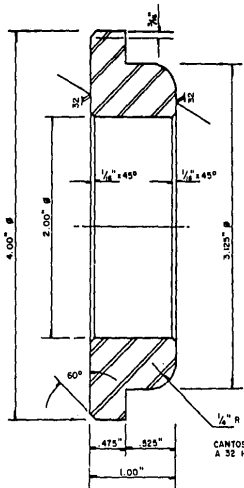
El plato de desgaste tiene un diámetro interno que es el que determina la medida nominal de la válvula; es decir; para nuestro caso, 2", 3" y 4". esta medida interna es importante el respetarla dentro de rangos de tolerancias reducidos pues es la que determina el gasto del fluido en tránsito (todos de perforación). Aumentar o disminuir ésta medida repercutiría en un mayor o menor paso del fluido que no coincidirán con los cálculos de gasto del personal de campo previamente establecidos. La cara externa en su perímetro exterior, se puede encontrar un ligero chafán cuyo objeto básico es impedir que se rompa el O-Ring, previamente colocado en los extremos roscados ó bridados, durante el ensamble de la válvula. El haber dejado éste perímetro sin éste maquinado hubiera traído complicaciones durante el

cambio de refaccionamiento ya en el campo, pues se requiere cierta rapidez para efectuarse. Las consecuencias acarreadas sin éste chaflán sobre el O-Ring sería el de un esfuerzo cortante aplicado al mismo que lo rasgaría en su superficie dejándolo inservible y por consiguiente con una gran posibilidad de fuga.

Por otro lado en la cara interna, tenemos el mismo maquinado que la cara externa, sin embargo, se cubre una area mucho menor. En éste caso es la compuerta misma la que tiene contacto con ésta cara. Al subir y bajar la compuerta, continuamente está tocando la superficie de la cara interna del plato. el efecto no es de sellado sino simplemente de orientación de la paleta para que no sufra desviaciones a causa de las altas presiones. Una ligera desviación rotacional de la compuerta sobre su eje de simetría estando cerrada o semiabierta repercutiría en un ligero pero constante escurrimiento del fluido hacia el otro lado provocando escapes no deseables. Es pues que es necesarísimo el que el cerrado de la compuerta se realice sin movimientos de la misma y ésto lo impide precisamente ésta cara del plato.

en el perímetro interno de ésta cara, en el diseño original se puede encontrar tambien un chaflán de aproximadamente $1/16''$ a 45° . Al verificar la penetración de la compuerta en el empaque respectivo con los platos de desgaste se pudo verificar que debido a éste chaflán se ocasionaban pequeños escurrideros debido a la pequeña area de contacto de la paleta con el plato cuando se encontraba la válvula totalmente cerrada. se optó por quitar éste chaflán y en su lugar se mataron los filos de éste borde. Con éste cambio se logró que mayor superficie de la compuerta tocara el plato y hubieran menos escurrideros que con el diseño original.

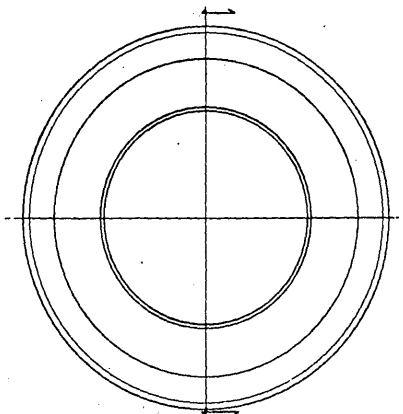
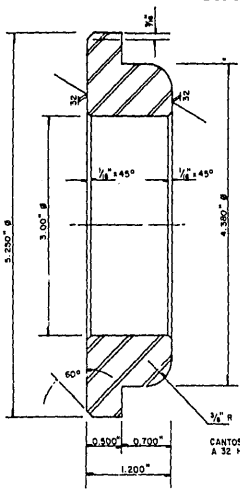
Todo plato, por norma debe de sufrir de un tratamiento térmico (templado) para elevar su dureza a ciertos valores prestablecidos (30-35 Rc). Otra innovación realizada en los platos a diferencia de los de la competencia fue el de maquinarles un ranurado en el perímetro del diámetro mayor. Este ranurado daría mucho mayor rugosidad cuando se introdujera éste dentro del empaque de compuerta (que tambien tiene el mismo ranurado) y de ésta manera el sellado fuera mucho mejor.



CANTOS ESTRIADOS
A 32 HILOS N.C.

| |
|----------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRACC. $\pm 1/32$ " |
| DEC. ± 0.010 |
| ANG. $\pm 1/2^\circ$ |

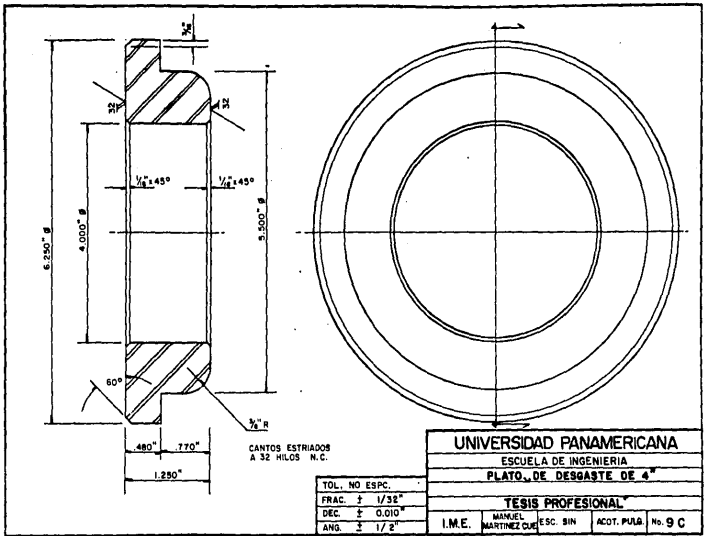
| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| PLATO DE DESGASTE DE 2" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ DUE | ESC. SIN | ACOT. PULO No. 9 A. |



CANTOS ESTRIBADOS
A 32 HILOS N.C.

| |
|------------------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. $\frac{1}{16}$ |
| DEC. ± 0.010 |
| ANG. $\pm \frac{1}{4}^\circ$ |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| PLATO. DE DEBASTE DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULO No. 9 B |



2.3.12 EXTREMO ROSCADO O BRIDADO.

Como su nombre lo indica, ésta es la "extremidad" de la válvula y su función básica es de ser el medio de conexión con la tubería externa que va a alimentar a la válvula misma. La tubería que va conectada al extremo tiene que ir roscada de manera de que pueda afianzarse al mismo. La rosca es de forma cónica (11.5 hilos NPT para la válvula de 2" y 8 hilos NPT para la válvula de 3", según lo norma la API) por lo que al momento de introducir la tubería al extremo solo se enroscará hasta cierto punto; el personal de campo utiliza para el apriete unas llaves steelson con mango lo suficientemente largo para hacer un brazo de palanca adecuado y dejar tanto el extremo como la tubería lo suficientemente apretados para evitar fugas por éstas partes.

En la parte externa de ésta pieza podemos encontrar unos "peines" ó "ranuras" de tipo ACME que van a ser precisamente los que van a fijar el extremo al cuerpo de la válvula. estas ranuras tambien las podemos encontrar tanto en la parte interna del cuerpo superior como del inferior; de manera que al momento de unirse ambos, los dientes de la ranura ACME de los cuerpos encajen en los valles de las ranuras del extremo roscado o bridado.

La particularidad de éste apriete de los cuerpos contra el extremo es de que en el momento de que ya no se puedan apretar mas, se verifique que el extremo no gire. esto dará a pensar de que el diámetro exterior del extremo en la región de ranuras es mucho mas chica que el diámetro de los valles de los peines en los cuerpos tanto superior como inferior de la válvula. Esto es una cualidad deseable.

Como se explicará en el apartado de los O-Rings, el extremo contiene una cavidad cuadrada que resguarda una porción del anillo haciendo que sobresalga cierta cantidad de éste material de manera que pueda apretar contra los platos de desgaste.

En cuanto a la rosca, es muy recomendable que durante su maquinado, el tornero

en turno, tenga la habilidad para pulir bien los hilos. esto se logra , primero con una herramienta de calidad y segundo, cuidando que el mango de ésta no sea muy largo de manera que no haya mucha vibración y la cuerda no salga un tanto deforme y vibrada por éste efecto.

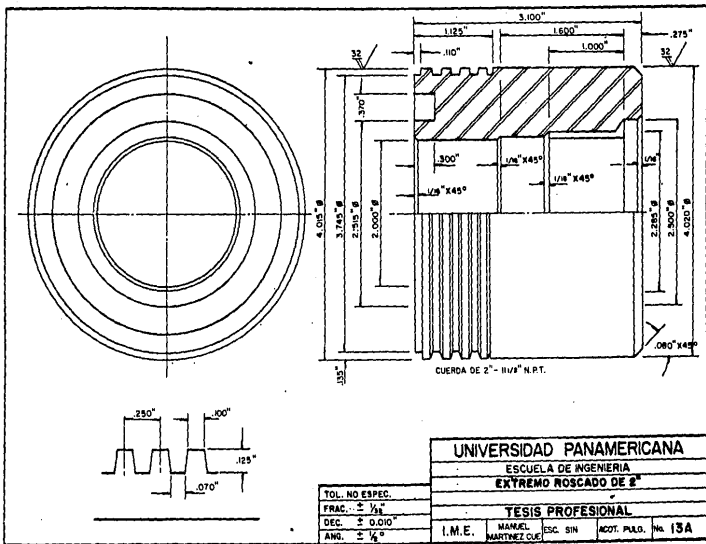
Finalmente es recomendable poner en la cuerda una grasa a base de teflón y resistente a altas temperaturas de manera que en el momento de introducir la tubería del campo, el sellado sea mas perfecto y no haya dilatación en los hilos por el calor que se genera en esa area debido a los lodos de perforación que por ahí pasan.

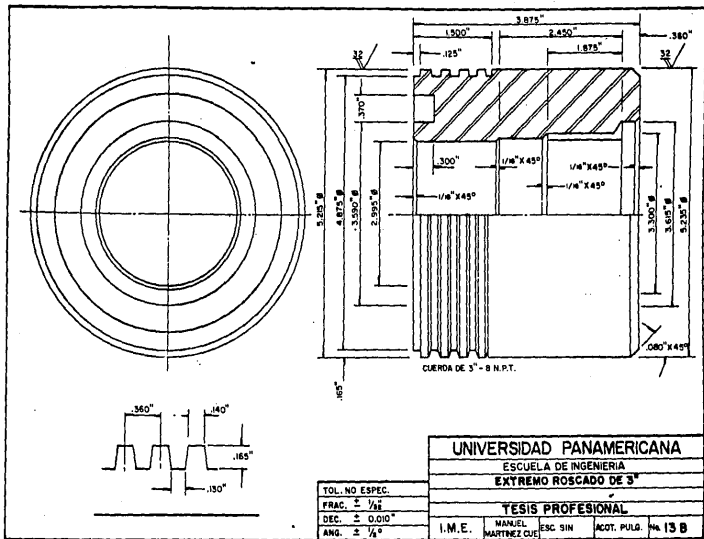
esta grasa tambien impide el que se fuguen los gases que traen los lodos de perforación y que pueden resultar muy dañinos para el personal que maneja las válvulas.

en cuanto a la cavidad de los O-Rings, es importante hacer mención de su profundidad. El ancho del O-Ring de cualquier medida es de $3/8"$ (.375"). La cantidad recomendable de material de hule que debe de quedar dentro de la cavidad es de un 80% aproximadamente, ésto es con la finalidad de que al momento de que la válvula se someta a altas presiones y el O-Ring trabaje y se comprima contra la cavidad, éste no se machuque contra los filos de la cavidad misma y se desgarré.

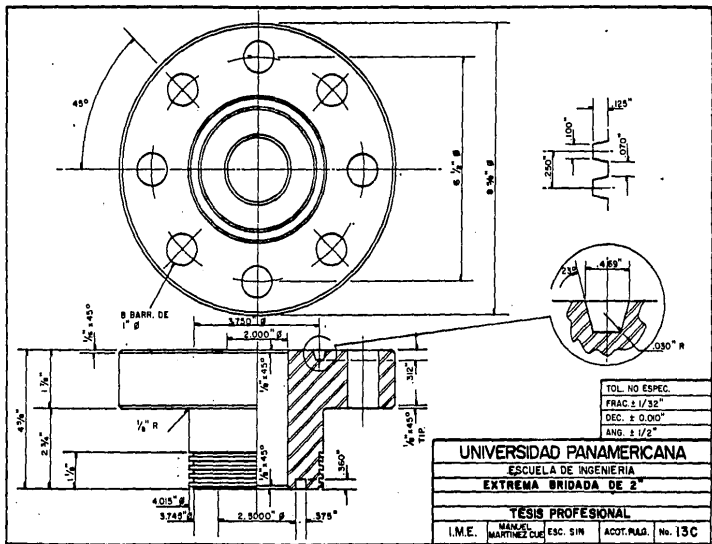
Es por tanto importante mantener ésta relación siempre. Si se maquina la cavidad a 0.300" y se dejan sobresalir solamente 0.075", éstas serán suficientes para lograr el objetivo del sellamiento contra los platos de desgaste y así no permitir fugas.

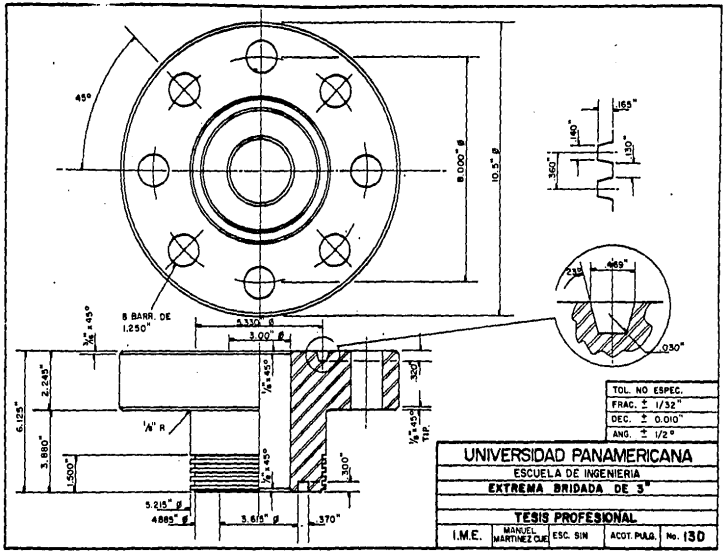
Es igualmente importante que al momento del ensamble del conjunto extremos- cuerpos, se lubriquen o engrasen perfectamente las ranuras adecuada y generosamente. Esto ayudará a que se desalojen pequeñas burbujas de aire atrapadas entre ranuras que suelen ser muy perjudiciales a altas presiones pues llegan a tomar consistencia de sólido y que al contacto con el material lo pueden golpear o dañar.





| | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| EXTREMO ROSCADO DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULG. No 13 B |





| |
|----------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. $\pm 1/32$ " |
| DEC. ± 0.010 " |
| ANG. $\pm 1/2^\circ$ |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| EXTREMA BRIDADA DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULG. No. 130 |

2.3.13 O-RINGS.

Esta pieza es común no solamente en la ram válvulera y en general en el area mecánica sino su universalidad en usos se extiende a muchas otras ramas debido a su versatilidad para efectos de sellado entre partes metálicas por las que se pudiera temer que fluya algún tipo de líquido. este anillo, al igual que todas las partes de hule que componen la válvula, está fabricada de Buna-N que es un neopreno con características de alta dureza y resistencia a fluidos y gases corrosivos y abrasivos comunes en los pozos de extracción de crudo.

esta pieza se fabrica en moldes cuya cavidad presentan la geometría deseada para lograr los efectos de ella deseados. Al momento de maquinarse los moldes se les aplica un factor de tolerancia el cual contempla la contracción que sufre la pieza en el momento de que es extraída y se enfría. es por ello que es necesaria su construcción por personal técnico que conozca de éstas piezas y del material sobre todo.

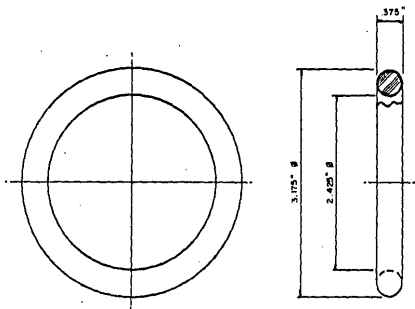
El O-Ring que utiliza la válvula flex-seal, va alojado, como ya se dijo, en una cavidad hembra en el extremo roscado de la válvula misma; es decir, en la parte donde se va a conectar la válvula con la tubería exterior.

El hecho de que se pueda detectar, ya sea en el momento de la prueba en el banco tanto en el mismo campo petrolero, alguna fuga entre el cuerpo superior e inferior, la seguridad que se tendría sería de que el sellado de los anillos no es perfecto; es decir, el apriete de ambas partes metálicas contra el anillo no es suficiente y se ha dejado un espacio entre ambas, lo suficientemente grande como para que el hule ceda con el mínimo incremento de presión del fluido en tránsito. Se mostrará a continuación numéricamente lo que se pretende con ésta pieza: En las tres medidas de las válvulas que se trabajan, la cantidad de material de hule que sobresale de la superficie del extremo es de 0.075". Por otro lado, la distancia que hay entre el extremo y el plato de desgaste es de 0.045", por lo que podemos ver que el anillo al momento de entrar en éste espacio solo se podrá contraer 0.030". Esta

cantidad es lo suficientemente grande para sellar y soportar presiones considerables, al menos para las que está diseñada la válvula. Estos resultados fueron obtenidos a manera de prueba y error; es decir, en los primeros ensayos, el espacio entre extremo y plato de desgaste resultó ser tan pequeño que al momento de introducir el anillo, éste se rompía y el efecto visible era la fuga del fluido de prueba en el banco y por el contrario, si se veía que seguía habiendo fugas a pesar de que el anillo no se rompía, ésto daba a entender que el apriete no era el suficiente.

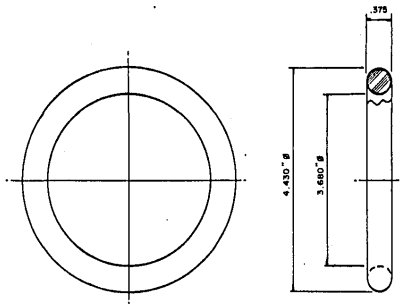
Para encontrar éstas distancias críticas, se realizaron, como se dijo, varios ensayos en los que se tuvieron que deshechar varios anillos por haberse roto y por ello se mandaron remaquinar extremos para dejarlos a la distancia deseada (la cual anexamos en el apartado de cuerpo superior e inferior). En el caso de que la distancia haya sido muy grande de manera que el sellado no fuera el deseado, se escogían extremos cuyas alturas fueran un poco más grandes de sus medidas nominales debido a las tolerancias de maquinado que se habían manejado. Así, se determinó una distancia mínima entre extremos, tomando en cuenta los anchos de las partes de los platos de desgaste y de la compuerta. esta distancia entre bridas fué una de las medidas de control de calidad que fueron determinantes al momento del ensamble.

Cabe mencionar que en el momento de que el anillo realiza su función (es decir, las 0.030" de apriete), es lógico pensar que su geometría se va modificada, al menos en la parte de contacto con el plato de desgaste. este cambio en la geometría del anillo, hace que la superficie de contacto se incremente y permita ésto el mejor sellamiento posible.



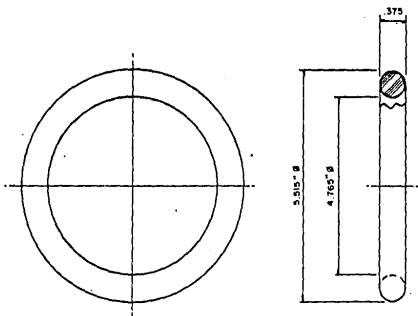
| | | | |
|--------------------------|---------------------|---------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| O - RING DE 2" | | | |
| ~ | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC SIN | ACOT. PULO. No 16A |

| |
|------------------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. $\pm \frac{1}{16}$ " |
| DEC. ± 0.010 " |
| ANG. $\pm \frac{1}{4}^\circ$ |



| |
|------------------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. $\pm \frac{1}{32}$ |
| DEC. ± 0.010 |
| ANG. $\pm \frac{1}{4}^\circ$ |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|----------|---------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| O-RING DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ADOT. PULG. No. 18B |



| |
|----------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRACC $\pm 1/32$ " |
| DEC. $-.3$ 0.010 |
| ANG. $\pm 1/2^\circ$ |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|---------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| O-RING DE 4" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC SIN | ACOT. PULO. NO 16C |

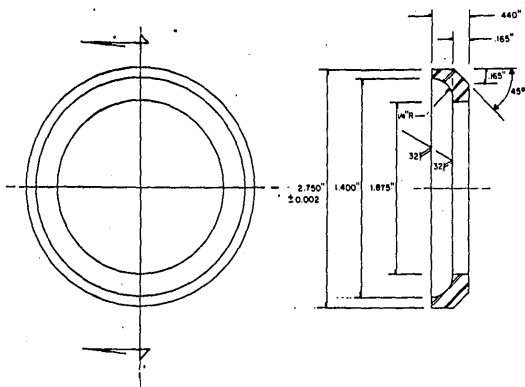
2.3.14 TAZAS PARA BALERO.

También denominadas pistas para balero, pues son las piezas que contienen a las balas que van a permitir la rotación del balero completo en la tuerca de vástago. La parte más crítica de esta pieza es la pista en sí; el balero en conjunto se arma con dos de ellas las cuales al unirse, forman en su interior, una media circunferencia de la tuerca de vástago, donde el balero va ensamblado. El ensamble de estas piezas se hace directamente en esta tuerca pues como no existiera una pista interna que forme parte del mismo baler, no es posible armarlo afuera de la tuerca y luego ensamblarlo a ésta. La función primaria de la taza, es pues, el sostenimiento de las balas y permitir su libre desplazamiento en ellas. Para lograr esto se debe obtener en la superficie circular de la taza, un acabado bien rectificado y pulido, sin rebaba ni excedentes de impurezas de metal para que el rodamiento de las balas sea lo más libre posible, como se dijo.

Otra superficie que debe quedar con un acabado de rectificado es la que va a unir con la misma superficie de su tazagemala, esto con el propósito de que no haya opción posible a aperturas entre las dos tazas que pudiera frenar la circulación de las balas. el efecto después de un rectificado de estas superficies circulares, al unir ambas dos, será la de crear un vacío casi perfecto de manera que sea difícil su desprendimiento, a no ser que éste se logre deslizando ambas caras lateralmente o aplicando un poco de fuerza.

Para efectos de ensamble se fabrica una cubierta de pared delgada que aloja a ambas tazas con sus 11 balas respectivamente. Dado que las tazas tienen en sus bordes unos chaflanes, éstas servirán para dar la misma forma a los filos de la cubierta al momento del ensamble con una prensa neumática; de esta forma las tazas quedarán unidas y compactadas sin poderse separar.

En cuanto a las balas, independientemente de la medida que le corresponda, según el tamaño de la válvula, se colocan de acero inoxidable y un total de 11 en cada balero como ya se mencionó. este número de balas no llena el total de la cavidad circular en todo el perímetro, esto para que haya espacio de desplazamiento y no haya obstrucción de unas con otras.



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

TAZA PARA BALERO DE 2"

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPEC.

FRAC. $\frac{1}{32}$ "

DEC. ± 0.010 "

ANG. $\frac{1}{2}$ "

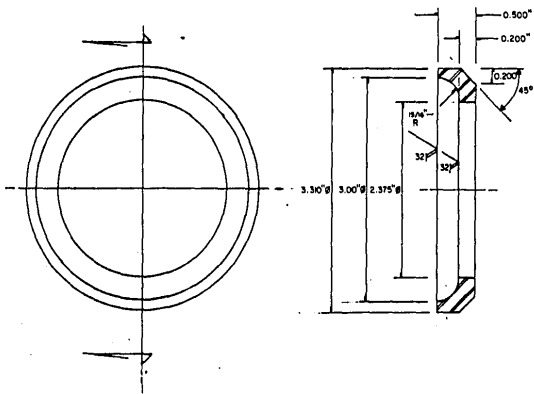
I.M.E.

MANUEL

ESC SIN

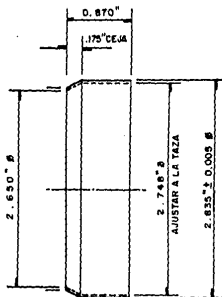
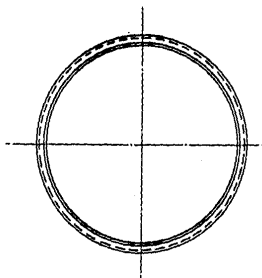
ACOT. PULG.

Nº 10 A



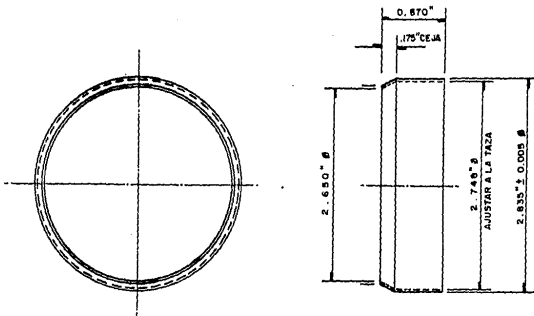
| |
|----------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRACC $\pm 1/32"$ |
| DEC. ± 0.010 |
| ANG. $\pm 1/2^\circ$ |

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------|----------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| TAZA PARA BALERO DE 3° | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E.: | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULO. No. 10 B |



| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------|----------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| -ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| CUBIERTA PARA BALERO DE 2" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I. M. E. | MARKEL MARTINEZ | ESC. SIN. | ACOT. PULG. No. 11 A |

| |
|----------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRACC ± 1/32" |
| DEC. ± 0.010 |
| ANG. ± 1/2° |



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

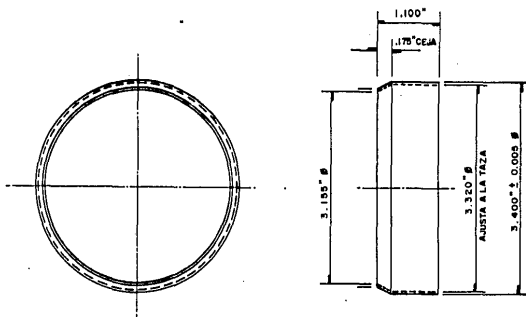
ESCUELA DE INGENIERIA

CUBIERTA PARA BALERO DE 2"

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPEC.
 FRACC. ± 1/32"
 DEC. ± 0.010"
 ANG. ± 1/2°

I. M. E. MANUEL MARTINEZ CUE ESC. SIM ACOT. PULG. No. II A



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

CUBIERTA PARA BALERO DE 3°

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPEC.

FRAC. \pm 1/32"

DEC. \pm 0.010"

ANG. \pm 1/2°

I.M.E.

MANUEL
MARTINEZQUE

ESC. SIN

ACOT. PULG. No. 11 B

2.4 RESUMEN DEL REDISEÑO DE ALGUNAS PARTES A PARTIR DE LAS ORIGINALES.

Aunque la válvula flex-seal, funciona con los dimensionamientos que trae la válvula original, se convino, a manera de mejorar el producto en cuanto a funcionamiento, el hacer algunos rediseños y modificaciones ligeras a algunas partes para incrementar la calidad y reducir aún mas las posibilidades de fuga.

Algunos de éstos cambios no son solamente en dimensiones sino en la manera de maquinar las piezas, lo cual les dio mejores acabados.

- a) VOLANTE: Se cambió la forma de las agarraderas. Originalmente, éstas se angostaban en su diámetro en el punto de contacto con el aro del volante. esto ocasionaba que muchas agarraderas se rompieran con el trato rudo que se les daba. Para evitar esto, se convino en cambiar a forma de cono truncado, de manera que se ensanchara en la base y se evitaran fracturas.
- b) COMPUERTA: Se cambió el tipo de maquinado, de maquinas herramientas de tipo convencional a máquinas de control numérico, lo cual hizo que se ajustaran las tolerancias y se diera un mejor acabado superficial. De igual manera, se hizo mayor el diámetro del vástago para que apretara mas contra el diámetro interno del empaque del vástago mismo, de ésta forma se reforzaría el sellamiento contra el empaque del vástago.
- c) TUERCA DEL VASTAGO: Se hizo de fundición en cera perdida en lugar de barra hexagonal, con lo que se logró ahorrar mucho material y hubo mucho menor desperdicio, aunque su costo fue ligeramente mayor. La ranura de la bala se maquinó con insertos a la medida estandares y no hechizos, lo cual le dio un mejor acabado superficial y mayor limpieza para que las balas pudieran correr mas libremente.
- d) BONETE: Se hicieron de fundición en cera perdida en lugar de forja como se venían haciendo, con el objeto de no maquinar grandes cantidades de material y acercar, las piezas, lo mas posible a las medidas finales.
- e) EMPAQUE DE VASTAGO: Se aumentó ligeramente la dureza del material a 70-72 Shore

con el objeto de que soportara mejor las condiciones de trabajo y se cerró un poco el diámetro interior para que apretara mas contra el vástago de la compuerta y disminuir las posibilidad de fuga.

f) ANILLO DE EMPAQUE: No sufrió modificaciones.

g) CUERPO SUPERIOR E INFERIOR: Se hicieron en fundición en cera perdida en lugar de forja como se venían fabricando y el cuerpo superior se fundió en una sola pieza y no en 2 soldadas como lo venía haciendo la competencia.

El maquinado fué en tornos de control numérico, lo cual les dio mayor limpieza y presentación. Se redujo ligeramente el diámetro interno del cuello del cuerpo superior de manera que ajustara éste mas contra el empaque del vástago. Para la válvula de 3", se puso una graseras mayor para que resistiera mejor la presión y se convino en que fueran de acero para uso rudo en lugar de graseras convencionales para uso automotriz como se venían empleando. Otra modificación fue en las ranuras: como éstas se tenían que maquinar en tornos de control numérico, la pastilla o inserto que se tenía que utilizar debía de ser standard y no hechizo como se venía haciendo. Como el extremo roscado o en su defecto, la brida, no son partes de repuesto o refacción, se pudo hacer éste cambio y se maquinaron ranuras mucho mas anchas y robustas que las originales. Otra modificación fué el maquinar en el cuerpo inferior, sobre su cara de ajuste, unas pequeñas cavidades donde se alojara la caja del empaque de compuerta y sirviera como un sello extra para evitar fugas entre cuerpos. Por otro lado, en un principio se definió que de fundición llegaran los barrenos pasantes de manera que se pudiera ahorrar en el maquinado de los mismos, aprovechando la calidad que daba el tipo de fundición, sin embargo, debido a la contracción prevista del material en el momento del enfriamiento del mismo, éstos barrenos sufrieron ciertas desviaciones que resultaron perjudiciales para lograr un paralelismo adecuado y se decidió, por lo tanto, el dejarlos ciegos durante la fundición.

h) PERNOS DEL CUERPO: En un principio se utilizaban birlos con cuerda en ambos extremos. debido a que no fue posible, en un principio, maquinarse las cuerdas en los barrenos pasantes por el riesgo de posibles fugas del fluido, se decidió en cambiar los birlos por pernos. La ventaja inmediata es el eliminar la sujeción por medio de cuerda por material sólido, lo cual da mucho mayor resistencia aunque se complique un poco su intercambiabilidad; sin embargo ésta no es una pieza que se solicite por el cliente con mucha frecuencia y generalmente se va desgastando a la par que la válvula misma. La forma de colocar éstos pernos es a base de presión, dejando las tolerancias adecuadas para evitar que, una vez dentro de su barreno, pueda girar por la torsión a la que se le somete.

Se hicieron forjados, lo cual aumentó su consistencia y resistencia.

i) TUERCAS DE CAPUCHON: No sufrieron modificación geométrica; excepto que como se hicieron de barra hexagonal y la competencia los funde, ésta no estandarizó la distancia entre caras y se hicieron un poco más chicas, reduciendo su espesor de pared de manera no sustancial y pudiendo seguir utilizando la herramienta que convencionalmente se utiliza en el campo. de igual manera se cambió el material de un AISI 1117 a un AISI 1045 que es el equivalente a la norma 2H que rige a la tuerca petrolera y que es más recomendable para este tipo de pieza.

j) EMPAQUE DE COMPUERTA: A las tres medidas, se les hizo un estriado en la parte donde va colocado el canto del plato de desgaste para aumentar la rugosidad y evitar posibles fugas, de igual manera se redujo un poco la cavidad donde se aloja la compuerta para cuando ésta entre expanda a la misma y selle mucho mejor. Se aumentó ligeramente la dureza Shore, para aumentar su resistencia a la abrasión y a las altas temperaturas de los fluidos de perforación e incrementar su tenacidad.

k) PLATOS DE DESGASTE: Se eliminó el chafán del diámetro del plato con el objeto de que cuando la compuerta cierre toque más superficie del plato y evitar así que el fluido pase hacia el otro lado de la válvula cuando está cerrada. Se maquinó en sus cantos un estriado semejante al del empaque de compuerta para aumentar la rugo-

-sidad y evitar fugas. Se aumentó la dureza Rockwell C de manera que haya menos desgaste por el lado de mayor desgaste y dure mas tiempo, ampliando los periodos de mantenimiento.

l) EXTREMOS ROSCADOS: Al igual que el cuerpo superior e inferior, se robustecieron sus ranuras y las cuerdas de la tubería externa, se maquinan con tornos de control numérico, para que su ajuste sea mas suave y se acople de manera mas perfecta.

m) TAZAS PARA BALERO: No hubo modificaciones.

n) O-RINGS: Se les aumentó ligeramente la dureza Shore, de manera que la deformación por el efecto del apriete contra el plato de desgaste fuera menor y se tuviera que cambiar menos a menudo y de igual manera sufriera menos por el efecto del desgaste que se da por el contacto con los lodos de perforación.

2.5 DISTRIBUCION DE LOCALES PARA PROCESOS FINALES.

En cuanto al local propuesto para el ensamble y prueba, se escogió uno que tuviera al menos las instalaciones mínimas necesarias para satisfacer requerimientos del personal en un turno de 8 horas sin opción a abandonar el local, con baños, vestidores y cuarto comedor, así como baños para visitantes y oficinas elevadas para tener una mejor visión del trabajo en turno.

Como se puede apreciar en el plano de distribución, hay dos locales adicionales al local destinado al banco de pruebas y utilizados para dar procesos finales a la válvula y a refacciones. estos procesos son el de sand-blast y pintura.

El proceso de sand-blast o limpieza por chorro de arena (óxido de aluminio malla 80) consiste en quitar residuos e impurezas y óxido superficial a piezas metálicas. En nuestro caso se utiliza para la limpieza de las compuertas, pues el tratamiento térmico las deja con manchas, debido al templado y a manera de darle buena presentación al producto, se decidió en limpiarlas de ésta manera.

El principio de funcionamiento de éste equipo se basa en el ares de fluidos, en

concreto del Principio de Bernoulli que explica que es posible provocar vacíos en ductos que están en contacto con otros por los que el mismo fluido lleve una velocidad mucho mayor, de ésta manera se generará una presión ascendente, necesaria para el proceso, el equipo consta fundamentalmente de una pistola con dos entradas: una para aire proveniente del compresor y otra para la entrada del óxido de aluminio; la velocidad del aire a presión (180 lb/in^2) hará que se succione la arena depositada en un recipiente, generando la diferencia de presión y haciéndola salir por una boquilla especial hecha ya sea de acero cementado (duración de 8 a 10 horas), carburo de tungsteno (duración de 70 a 80 horas) o de Borocido ó Boro (con duración de 400 a 500 horas), la duración, estará obviamente, en función del precio de la boquilla.

$$V_1 = V_3$$

$$P_1 = P_3$$

$$V_1 > V_2$$

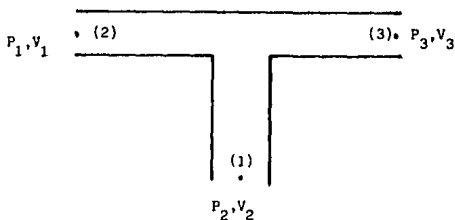
$$P_1 < P_2$$

(1) Ducto de Arena.

(2) Ducto de Aire.

V = Velocidad del aire.

P = Presión del aire



En cuanto al local en sí, se compone en su interior de una mesa metálica con el objeto de que el disparo de arena no la afecte y en donde se colocan las piezas a ser tratadas y de un extractor industrial de aire para sacar al exterior los granos de arena que se encuentran en suspensión por haberse fracturado en el momento del choque contra el metal y que se alojan por algún tiempo en el aire y es necesario el desecharlos pues su malla necesariamente aumenta no pudiendo ser nuevamente reutilizadas.

Es muy importante que el operador utilice un traje especial que le impida el contacto con el medio exterior cuando esté aplicando el tratamiento, esto es con el objeto de evitar la inhalación de las partículas en suspensión que pueden ser fa-

-tales a la larga, es por eso que debe de utilizar guantes de asbesto, perchas de cuero en todo el cuerpo y una escafandra con entrada de aire para ventilación con filtro de aire integrado para que el operario se mantenga siempre fresco y su trabajo sea mas fácil.

En cuanto al local de pintura, es practicamente el mismo proceso y principio a utilizar y se debe de cuidar igualmente la inhalación de pintura por espacios prolongados.

Es muy recomendable que ambos locales se cubran en sus accesos con pliegos de hule para evitar que las particulas suspendidas, invadan el resto del local perjudicando, de ésta manera, las actividades del resto del personal.

2.6 PROCESO DE ENSAMBLE DE LA VALVULA FLEX-SEAL.

El proceso parte del tener a la mano todos los elementos ya maquinados para armar por completo una válvula. Partimos de que los pernos del cuerpo inferior ya fueron colocados y que las tazas del balero, cubierta del balero y balas de la tuerca de vástago ya están ensamblados.

| <u>PROCESO NO.</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>TIEMPO APROX.</u> |
|--------------------|---|----------------------|
| 1 | Limar y matar filos de cuerpo superior e inferior. | 2.5 mins. |
| 2 | Machuelear el orificio de la grasera | 1.5 mins. |
| 3 | Poner grasera. | 0.7 mins. |
| 4 | Colocar anillo de empaque al cuello del cuerpo superior. | 0.10 mins. |
| 5 | Colocar y hacer pasar compuerta en el cuello del cuerpo superior. | 0.15 mins. |
| 6 | Colocar empaque de vástago en el cuello del cuerpo superior | 1.8 mins. |
| 7 | Colocar tuerca de vástago en la cuerda de la compuerta | 0.35 mins. |
| 8 | Colocar bonete haciendo coincidir el balero de la tuerca de vástago en la cavidad del balero y en el cuello del cuerpo superior en la cavidad correspondiente en el bonete. | 2.8 mins. |
| 9 | Colocar los pernos en el bonete y apretar con tuercas. | 1 min. |
| 10 | Voltar el conjunto hasta ahora armado y colocarlo en el tornillo de banco grande. | 0.85 mins. |

Cont..

| <u>PROCESO NO.</u> | <u>DESCRIPCION</u> | <u>TIEMPO APROX.</u> |
|--------------------|--|----------------------|
| 11 | Colocar O-Ring en la cavidad de los extremos y engrasarlos. | 0.4 mins. |
| 12 | Colocar extremos roscados. | 0.3 mins. |
| 13 | Colocar platos de desgaste en empaque de compuerta y engrasar caras de platos. | 0.75 mins. |
| 14 | Colocar el conjunto de empaque de compuerta y platos en la cavidad entre extremos roscados cuidando que la cabeza de la compuerta entre en la cavidad del empaque de compuerta e introducirlo lo mas posible cuidando de no estirar los bordes del empaque de compuerta al irse introduciendo mas. | 3.8 mins. |
| 15 | Colocar el cuerpo inferior. | 0.3 mins. |
| 16 | Colocar las cuatro tuercas de capuchón, apretar y voltear la válvula. | 4.3 mins. |
| 17 | Poner grasa a las graseras. | 0.4 mins. |
| 18 | Colocar seguro en el volante, poner en válvula y probar como sube y baja la compuerta. | 5 mins. |
| TOTAL: | | 27 mins. |

Despues de todo éste proceso y una vez que se tienen bastantes válvulas armadas y probadas, se les pasa por limpieza de arena para quitar oxidaciones e impurezas superficiales y para hacer la superficie misma mas rugosa de manera que la pintura tenga mas adherencia por la mayor area de contacto que la válvula va a ofrecer bajo éstas circunstancias.

Finalmente se pintan. Se aplica primeramente un primario epóxico catalizado, que sirve de base y posteriormente el acabado epóxico catalizado que da el color deseado a la válvula.

Las características epóxicas ayudan a una adherencia mayor en la superficie y como protección contra agentes del medio ambiente tales como el calor extremo, humedad, agentes salinos, corrosión y oxidación, entre otras, a la vez que dura mucho más tiempo que otras pinturas convencionales y les da una presentación más brillante que las hace resaltar.

2.7 HERRAMIENTA PARA ENSAMBLE UTILIZADA.

A) HERRAMIENTA PARA ARMADO.

1. Herramienta Principal:

- 2 llaves de impacto hexagonales de $1\frac{1}{2}$ ".
- 1 pistola de impacto neumática con dado hexagonal de $1\frac{1}{2}$ " con presión de 250 lb/in².
- 1 llave steelson de 24" reforzada.
- 1 llave steelson de 16" reforzada.
- 1 juego de llaves españolas de 3/16" a 1.0" (de 1/16" en 1/16").
- 1 mazo de cuero.
- 1 juego de machuelos y tarrajas.

2. Herramienta Auxiliar:

- 1 esmerilador de piedra fijo de $1\frac{1}{2}$ " HP.
- 1 llave de 8" de mordazas lisas ajustables (perico).
- 1 juego de desarmadores.
- 1 pinzas de mecánico.
- 1 taladro.
- 1 taladro de banco con portabroca con capacidad hasta de 16 mm de diámetro.
- 1 taladro manual eléctrico con portabroca de $\frac{1}{2}$ ".

Cont..

- 1 mazo de hierro.
- 1 cincel.
- 1 matraca con adaptadores para tornillo allen de 7/8".
- 1 Pistola para pintar profesional para 50 lb/in².
- 1 careta de protección de cara completa con pantalla transparente.
- 1 tubo para palanca de 1.5 mt.
- 2 extensiones eléctricas.
- 3 sopleteadores.
- 3 mangueras para sopleteadores de 10 mt. cada una.
- 1 tornillo de banco del No. 35.
- 1 tornillo de banco del No. 93.
- 1 tornillo de banco del No. 140.

B) HERRAMIENTA PARA CONTROL DE CALIDAD.

- 1 calibrador Vernier de carátula de 8".
- 1 juego de calibradores telescópicos para diámetros internos de 1/2" a 6".
- 1 base magnética para indicadores de carátula.
- 1 indicador de carátula de 2".
- 1 medidor de dureza Shore para hules según norma ASTM D 2240.
- 1 compás para interiores de 8".
- 1 compas para exteriores de 8".
- 1 medidor de dureza Rockwell C y Brinell.
- 1 calibrador de cuerda NPT para válvula de 2" (pasa-no-pasa).
- 1 calibrador de cuerda NPT para válvula de 3" (pasa-no-pasa).
- 1 calibrador de profundidades hasta de 2".

C) LUBRICACION.

Cont..

- Aceite SAE 30 para servicio API SC/CB.
- Grasa Automotriz tipo copas 3.
- 2 pistolas para engrasar por grasera.
- 2 jeringas para inyectar aceite.

D) PINTURA.

- Primario epóxico catalizado-base.
- Primario epóxico catalizado-catalizador.
- Acabado epóxico catalizado-base.
- Acabado epóxico catalizado-catalizador.
- Thinner para rebajar.
- Paletas para mezclar.
- Recipientes para medición de proporciones al momento del mezclado..

C A P I T U L O 3

CONTROL DE CALIDAD Y DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ALTAS PRESIONES Y EQUIPO
ADICIONAL NECESARIO.

3.1 INTRODUCCION. CONTROL DE CALIDAD EN LA EMPRESA.

El hecho de haber formado en la empresa un departamento de control de calidad, nació de la necesidad de medir, de alguna manera, el rendimiento en cuanto al respeto de medidas y tolerancias que los diversos proveedores nos estaban proporcionando. La necesidad inmediata y concreta, se verificó cuando al ensamblar válvulas se notaba un desajuste considerable entre partes o por el contrario, piezas subdimensionadas que no alcanzaban a embonar unas con otras, lo que hacía ver la disparidad en dimensiones de una a otra pieza de la misma clase y lote maquinado y sobre todo que al momento de probarlas a altas presiones en muchas existían fugas por diversas zonas.

El taller de maquinado con el que se empezó a maquinar muchas de las piezas, inclusive los cuerpos de las válvulas, poseía máquinas herramientas de tipo convencional las cuales en su mayoría se encontraban en muy mal estado lo cual repercutía en no ofrecer un buen acabado y dimensiones apropiadas.

Al crearse este departamento, se empezaron a verificar medidas críticas de las piezas más importantes que tuvieran que ver directamente con el soporte de la presión. Para tal efecto se diseñaron unas hojas de cálculo en las cuales se proponía el vaciar los datos, producto de un análisis de piezas por muestreo. Los resultados obtenidos se usan para graficar los límites de control los cuales definen el intervalo aceptado donde las mediciones deben normalmente estar; más adelante describiremos el método. Las primeras gráficas realizadas por el departamento, arrojaron lo ya esperado: los puntos graficados, aunque dentro del intervalo de los límites de control, éste, en ningún punto coincidía con el intervalo nominal preestablecido por el plano o en su defecto, por el diseñador de la pieza. Esto hizo el cancelar los contratos existentes con la compañía maquiladora y buscar nuevas opciones en base a la experiencia adquirida; es decir, se pudo comprobar que en gran parte, los buenos resultados, en cuanto a calidad se refiere, se obtienen con un personal calificado y con equipo, aunque sea convencional; pero estar seguro de su

buen funcionamiento y de los cuidados que ha tenido. Para tal efecto, es muy recomendable que una compañía al querer contratar los servicios de una maquiladora, se cerciore a fondo de la seriedad de la misma, los clientes que generalmente maneja en cuenta, la carga de trabajo, limpieza del local y de los operarios, herramienta de control de calidad que se utiliza, maquinas herramientas adecuadas, puntualidad en las entregas, precios accesibles y formas de pago atractivas.

Todos éstos factores, aunque cada uno por separado no represente significativamente el valor real que tiene, en conjunto son determinantes para obtener un producto de buena calidad y competente.

El departamento de control de calidad creado fué de una gran utilidad en el sentido de que se fué afinando muy rapidamente el directorio de proveedores hasta ese momento existente, siendo paulatinamente éstos mas serios en sus compromisos y sobre todo en la calidad del producto mismo.

3.2 PROBLEMAS DE MANUFACTURA. CAPTACION Y SOLUCION.

Los problemas detectados por control de calidad fueron diversos y se atacaron uno por uno. Al acabar de resolver alguno, se procedía a ensamblar una válvula con ese problema específico resuelto y se probaba a altas presiones. Si no había fugas se concluía que el hacer esa reparación era suficiente para aprobar por completo la válvula pues por ende, las demás dimensiones se suponían correctas. Si por el contrario, durante la prueba existían fugas, se atacaba el siguiente problema propuesto por control de calidad y así sucesivamente hasta que la prueba saliera satisfactoria.

Cabe mencionar lo importante que es el respetar las tolerancias dictadas por el plano del fabricante pues cada milésima, en el caso de la válvula flex-seal, cuenta cuando la válvula se haya a altas presiones. Cualquier deficiencia en el fallo de tolerancias puede ser definitiva para que la válvula se rechace por fugas.

El primer problema detectado fué que se debía de respetar una distancia entre ex-

-tremos roscados colocados en el cuerpo inferior, para el caso de la válvula de 2", la medida ideal de 2.665" es la ideal para que exista un ajuste perfecto entre partes sin que se dañen los componentes y al mismo tiempo evite posibles escurrimientos de fluidos. esta medida se pudo hallar, tanto en la válvula de 2" como en la de 3" (3.185") a base de ensayos repetitivos (prueba y error) hasta que se dió definitivamente con la medida. El problema grave fué que ya se tenían maquinadas la mayoría de la válvulas y sus respectivos extremos roscados; sin embargo, valiéndose de la gran dispersión que había en las medidas, se procedió a encontrar, para cada cuerpo de válvula su respectivo par (intransferible) de extremos roscados, así se pudieron ir sacando las primeras válvulas.

Simultaneamente se hallaba el problema de que las válvulas, erroneamente se habían maquinado por juegos; es decir, un cuerpo superior con su respectivo inferior. De ésta manera, los primeros juegos se tuvieron que armar con pares previamente "apadrinados". Este problema se solucionó con los nuevos maquinadores, los cuales diseñaron los dispositivos de maquinado adecuados para poder estandarizar el resto de las piezas.

Otro problema encontrado fue que se sobremaquinó la cavidad interna donde se aloja el empaque de compuerta junto con los platos de desgaste. el cuerpo poseé, como parte integral de su geometría unos escalones de forma circular a lo largo de todo su perímetro interno cuya función es el de apretar el empaque junto con los platos y evitar fugas entre metal y metal, es por eso que al momento de apretar la válvula con los componentes adentro, el círculo que se forma con el escalón de los cuerpos debe de ser ligeramente menor al perímetro del empaque de compuerta con sus platos de desgaste colocados para lograr éste fin. En las primeras válvulas se detectó todo lo contrario; es decir, el perímetro del escalón interno en muchas ocasiones resultaba ser significativamente mayor al del empaque y platos por lo que nunca se lograba el sellamiento deseado y por lo tanto al momento de la prueba, la válvula escurría.

Para tal efecto se ensayaron con varias válvulas hasta que se determinó la medida

exacta y suficiente para que el apriete fuera el adecuado. Se definió seguidamente una "medida chica" en la válvula de 2" que era el diámetro del empaque de compuerta en la zona de platos, con éstos colocados y una "medida grande" que era la altura total del empaque de compuerta y cuya cabeza del mismo se empotra en la parte mas alta de la cavidad del cuerpo superior y que tambien debe de apretarse.

Las cantidades encontradas respectivamente para la medida chica fué de 4.125" y para la medida grande de 4.300".

En función de éstas medidas, se realizó un programa de computadora en el cual se vaciaron los datos de todas las medidas chicas y grandes de todas las válvulas que se encontraban defectuosas de manera que el programa arrojara, en función del algoritmo calculador la cantidad de material que debía de tornearse y fresarse de nuevo para hayar las medidas originales y hacerlas servir de nuevo. el operador que se definió fué el siguiente:

$$A = X - 4.125$$

$$B = 4.300 - Y$$

$$C = A + B$$

Donde:

X = medida chica de la válvula en cuestión.

Y = medida grande de la misma válvula.

A = cantidad de material a fresar a la cara del cuerpo superior.

C = cantidad de material a torneear en el cuerpo superior en la parte mas alta.

(el algoritmo está calculado solamente para el caso en que la medida chica sea mayor a su medida nominal o real y la medida grande, menor a su medida nominal o real que fué lo que sucedió en todos los casos de reparación de válvulas).

Otro problema latente que se presentó fué en la cuerda de los pernos del cuerpo inferior, dado que éstos se maquinaban en serie, llegaba un momento, debido al desgast natural que vasufriendo la herramienta y a su constante desafilado que la cuerda va perdiendo sus dimensiones originales paulatinamente por lo que va a existir una diferencia notoria entre la primera y última pieza maquinadas si no se to-

maba cuidado en cambiar o afilar la herramienta. La consecuencia inmediata fué que costó mucho trabajo, en algunos pernos colocarles su tuerca de capuchón para finalmente acabar de ensamblar una válvula. La solución al problema fue el tener que tarrajear de nuevo los pernos defectuosos a la medida nominal estándar hasta ver que no costara tanto trabajo enroscar la tuerca de capuchón. No era recomendable enroscar ésta pieza a la fuerza pues se lograba calentar tanto que muchas veces rompía al perno mismo, con la tuerca dentro y se desperdiciaba material. De igual manera, en la zona de barrenos para pernos, en un principio se veía que al querer introducir los pernos en sus respectivos barrenos, éstos quedaban muy flojos y al querer apretarlos, se patinaban. Esto debido a que se sobredimensionó el diámetro del barreno queriendo corregir la desviación ocasionada por la contracción del material durante el enfriamiento después de que la pieza salía de fundición. Para solucionar éste problema se tuvieron que moletear todas las partes inferiores de los pernos, al menos la zona cubierta por el barreno del cuerpo inferior. Este moleteado ayudaba a que el material se expandiera unas cuantas milésimas de pulgada, lo suficiente para que se apretara el perno contra las paredes del barreno y poder así, apretar la tuerca de capuchón.

Otro problema que se presentó fue que se sobremaquinaron los "spot-face" o caras de asiento de la tuerca de capuchón en el cuerpo superior, de manera que el perno, al momento del ensamble, mostraba el total de su cuerda no quedando nada de ésta dentro del barreno del cuerpo superior de manera que sirviera de apriete. La solución propuesta para éste defecto fue el quitarles los 4 primeros hilos de cuerda a las tuercas de capuchón de manera que éstas se empezaran a enroscar contra el perno respectivo a partir de la quinta cuerda de la tuerca contra la primera del perno. Esto hacía que la tuerca fuera la que bajara lo suficiente para salvar el espacio que la cuerda del perno había quedado fuera y se pudiera apretar con facilidad.

Durante el ensamble, se utilizan forzosamente llaves de impacto que son unas llaves muy resistentes que sirven en el campo para ensamblar y desensamblar las válvulas y equipo en general que llave contorno hexagonal y hay en varias medidas.

Otro problema respecto a lo anterior es que de fundición, las válvulas de 2", nos llegaban demasiado sobradas de material en la parte del cuerpo principal del cuerpo superior; es decir, la parte donde se aloja la compuerta cuando la válvula se abre. Este sobredimensionamiento hacía muy difícil la labor de ensamble pues la llave de impacto, muy útil para ésta operación no podía entrar en la tuerca de capuchón hexagonal pues la distancia que quedaba entre el cuerpo y la tuerca misma era tan reducido que no podía utilizarse. La solución dada fue necesariamente el esmerilar éste sobrante de material hasta dar la medida suficiente para poder utilizar la llave.

Finalmente, como ya se describió en la sección correspondiente a la tuerca de yástago, se tuvo problema con la cuerda tipo ACME pues en un principio se suponía que era standard y al querer hacer coincidir la cuerda de las compuertas de la competencia las cuerdas de nuestras tuercas nunca entraban, por lo que se tuvo que redefinir las dimensiones de la cuerda de la tuerca para estandarizar y poder vender también el refaccionamiento.

3.3 TIPOS DE PRUEBAS A REALIZARSE A ALTAS PRESIONES.

Según especificaciones al respecto de pruebas para certificación de calidad de válvulas a altas presiones tipo compuerta, cada válvula tiene tres tipos de prueba:

- a) Prueba contra fugas entre cuerpos y bridas.
- b) Prueba contra el paso del fluido por la compuerta.
- c) Prueba contra fugas por la rosca de la tubería externa.

A continuación se describirán, por separado, cada una de éstas pruebas:

- a) Prueba contra fuga entre cuerpos y bridas.

Se coloca la válvula en el banco y se le somete a prueba con la compuerta elevada; es decir, abierta. De ésta manera la presión se distribuirá en la mayor parte de la superficie interna de la válvula con propensión a fugarse entre cuerpo

superior e inferior y sus bridas o extremos roscados o por el cuello del cuerpo superior por mala colocación ó falta de apriete del empaque de vástago contra la pared interna del cuello. Si existe un mal ajuste comenzará a gotear y deberá revisarse repetidamente volviendo adesarmar.

b) Prueba contra el paso del fluido por la compuerta.

Una vez terminada la prueba anterior, con la misma agua que tiene la válvula en su interior y con la misma presión, se cierra la compuerta. Una vez cerrada y teniendo presión en ambos lados de la compuerta, se desaloja ésta del lado donde no se inyecta el fluido. Para éste entonces del lado de inyección, ha disminuido un poco y se deberá inyectar un poco mas de fluido para alcanzar la presión nominal.

Si la prueba fue satisfactoria, se abre la compuerta desalojando así la presión y se vira la válvula 180°, se vuelve a cerrar la compuerta, se coloca nuevamente en el banco de pruebas y se empieza a inyectar presión nuevamente. Lo que se trata de observar en ésta prueba es que el fluido no pase del otro lado de la válvula aún con la compuerta completamente cerrada. esto se detectará fácilmente si mantenemos la válvula de alivio del lado donde se inyecta presión, abierta. Si empezara a haber algún tipo de escurrimiento, el agua saldría por ésta válvula y se rechazaría para averiguar cual pudo ser la posible causa. En caso contrario se prosigue con la siguiente prueba.

c) Prueba contra fugas por la rosca de la tubería externa.

Para ésta prueba se tuvieron que fabricar unos tornillos de cuerda cónica NPT que pudieran entrar y enroscarse en la cuerda interna de las bridas ó extremos roscados y a la vez conectarse al banco de pruebas pudiendose inyectar presión. Con ésta prueba se pretende ver si no hay fugas por la rosca de las bridas. Esta se realiza con la compuerta elevada para que la presión afecte a ambas bridas. En el caso de que existan fugas entre el tornillo cónico similar al de una tubería convencional utilizada en los campos petroleros, se analiza la cuerda del extremo o la brida a ver si no está dañada o escamada por el maquinado, u otro defecto.

En cuanto al tiempo que se deja la válvula una vez que se llegó a la presión de prueba, varía entre 3 ó 4 minutos, lo suficiente para dejar que el fluido se reacomode en el interior de la válvula y pueda, en el caso de una válvula mal hecha o mal ensamblada, encontrar una salida hacia el exterior y así comprobar su funcionalidad. despues de éste tiempo si no ha pasado nada, se presupone que el sellamiento en la prueba correspondiente, es bueno.

3.4 DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS.

Este aparato, para su diseño tuvo que pensarse previamente en la magnitud que representan las 10,000 lb/in², para que de ésta manera se considerara la robustéz del banco. Veamos:

Sea d = densidad del agua = $1 \text{ gr/cm}^3 = 1,000 \text{ Kg/m}^3$.

Sea g = constante de gravedad = 9.8 m/seg^2 .

Sea $P = 10,000 \text{ lb/in}^2 = 7,037,014.07 \text{ Kg/m}^2$.

Si $P = dgh$ donde h es la altura en metros de la columna de agua estática,

$P = (7,037,014.07 \text{ Kg/m}^2)(9.8 \text{ m/seg}^2) = 68,962,737.93 \text{ N/m}^2 = 68.96 \text{ MPa}$.

La correspondiente altura de la columna de agua será de:

$h = P/dg$

$h = (68,962,737.93 \text{ Kg/mseg}^2) / (1,000 \text{ Kg/m}^3)(9.8 \text{ m/seg}^2)$.

$h = 7,037.01 \text{ mts.}$ *

O el equivalente en kilogramos de fuerza:

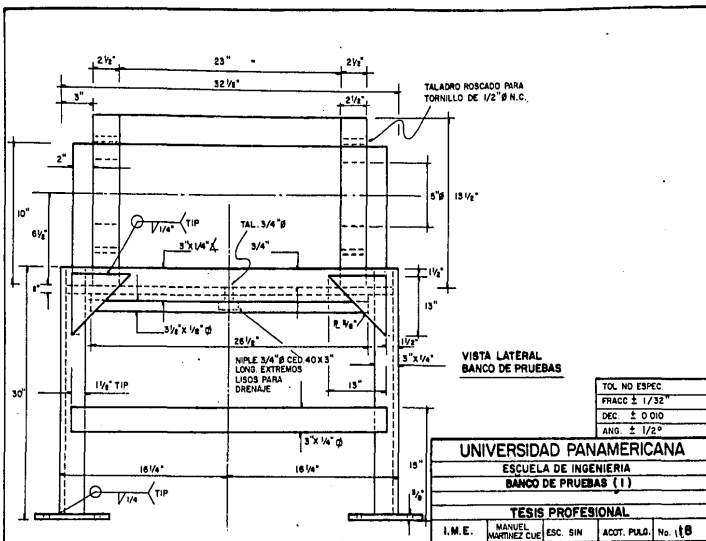
Sea P la presión en lb/in².

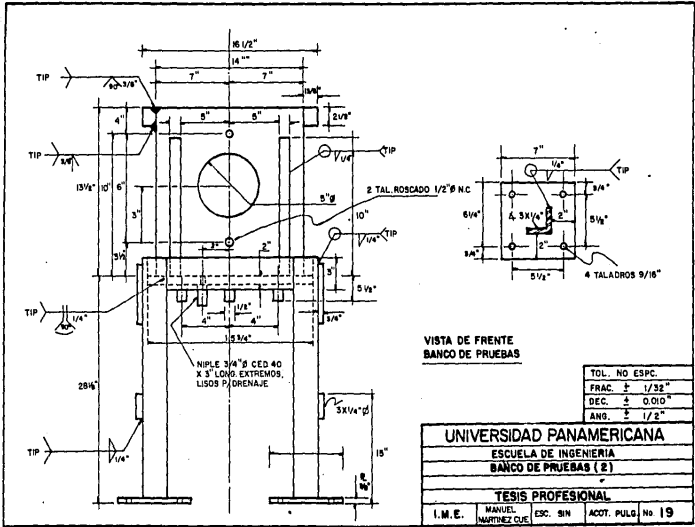
Sea A el area correspondiente a la medida de la válvula.

Sea F la fuerza en toneladas que se aplica sobre esa area. Veamos:

- Para la válvula de 2":

$A = (\pi)(r^2) = (3.1416)(1)^2 = 3.1416 \text{ in}^2$.





$$F = PA = (10,000 \text{ lb/in}^2)(3.1416 \text{ in}^2) = 31,415.92 \text{ lbs.}$$

$$= 14.3 \text{ toneladas de fuerza.}$$

- Para la válvula de 3":

$$A = (Pi)(r^2) = (3.1416)(1.5)^2 = 7.069 \text{ in}^2.$$

$$F = (10,000 \text{ lb/in}^2)(7.069 \text{ in}^2) = 70685.83 \text{ lbs.}$$

$$= 32.0 \text{ toneladas de fuerza.}$$

Es decir, son necesarias, para éste último caso, 32 toneladas fuerza para que en un area de 7 in^2 aproximadamente, que corresponden a la válvula de 3", se genera una presión de $10,000 \text{ lb/in}^2$ o viceversa. en base a éste dato, se propuso el diseñar y fabricar un banco de pruebas robusto y pesado con capacidad todavía sobrada a los requerimientos de la prueba mas dura. Se puso mucho énfasis al momento de fabricación en cuidar la forma de los bordes donde se soldarían una placa con otra y se determinó en matar los filos de todas las placas a manera de biceles para que al unir filo con filo se formaran canales que sirvieran para alojar cordones gruesos de soldadura que ayedaran a darle mas solidez al banco.

A raiz de los cálculos efectuados para saber la magnitud que representan las $10,000 \text{ lb/in}^2$ de presión dentro de la válvula se realizaron cálculos para el diseño de los tirantes entre placas del banco de pruebas que son las partes del mismo que soportarán la mayoría de la fuerza provocada por la presión.

Considerando que la presión distribuida en cada tirante es de 5,000 psi y probandose una válvula de 3", que es la de mayor area y la que mayor fuerza representa, cerrada; es decir, con la compuerta obstruyendo el paso del líquido y definiendo una tolerancia máxima de deflexion del material de 0.010" con el objeto de evitar que el banco mismo sufra grandes deformaciones que pudieran provocar alguna fuga entre el extremo roscado y los platos de sujeción ó el movimiento del O-Ring mismo. Tenemos que:

$$P = 5,000 \text{ psi.}$$

$$A = (Pi)(r^2) = (3.1416)(1.5)^2 = 7.069 \text{ in}^2.$$

de $P = F/A$, despejando F : $F = (P)(A)$. de tal suerte que:

$$F = (5,000 \text{ psi})(7.068 \text{ in}^2).$$

$$F = 35,342.88 \text{ lbs.}$$

De conceptos de mecánica de sólidos, tenemos que la deflexión de cuerpos sólidos homogéneos se define por:

$$d = (F)(L)/(A)(E). \quad \text{donde:}$$

$$d = \text{deflexión del material} = 0.010".$$

$$F = \text{Fuerza ejercida por la presión} = 35,342.88 \text{ lbs.}$$

$$A = \text{Area transversal del tirante cuadrado.}$$

$$L = \text{Longitud del tirante diseñado} = 28 \text{ in.}$$

$$E = \text{Módulo de elasticidad ó Módulo de Young para el material escogido (acero estructural)} = 29 \times 10^6 \text{ psi.}$$

de tal manera que, despejando el área correspondiente:

$$A = (P)(L)/(d)(E).$$

$$A = (35,342.88 \text{ lbs})(28 \text{ in.})/(0.010")(29 \times 10^6 \text{ psi}).$$

$$A = 3.41 \text{ in}^2 *.$$

Se escogió, para tal efecto, una barra rectangular de 1.375" x 2.5" de manera que la sección transversal de 3.4375" soportara la presión aplicada.

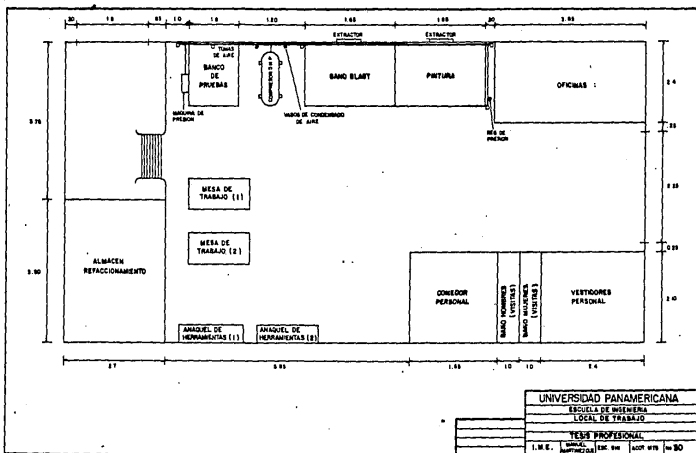
3.5 CONSTRUCCION DE UN LOCAL ADECUADO.

Como ya se ha explicado, por definición, la válvula flex-seal está diseñada para soportar presiones elevadas que se generan en las bombas de lodo y que fluctúan entre los 3,000 psi y los 6,000 psi aproximadamente. La válvula flex-seal, recibe los lodos de perforación que se inyectan al pozo. A su salida, éstos fluidos se separan, se regeneran y vuelven a utilizarse. Los lodos de perforación tienen la característica de ser extremadamente abrasivos y corrosivos por lo que acaban con todo lo que llegan a tocar, es por ello que la válvula tiene partes intercam-

-biables que son sustituidas continuamente.

Para someter a una válvula a altas presiones, fue necesario el diseñar el banco de pruebas, es decir, un lugar aislado donde, por medios hidraulicos y neumaticos se tratara de asimilar las condiciones a las que la válvula está sometida en el campo petrolero. Es un lugar aislado pues por precaución se trata de que no existan personas alrededor del banco en el momento de una prueba por si por cuestiones que conciernen a la válvula misma (mala fundición, mal ensamble, mal sellamiento) pueda explotar o salir disparado alguno de sus componentes. Lo que se hizo fue meter el banco a un cuarto construido de tabique con una puerta de entrada y dos mirillas pequeñas para poder ver desde fuera si no existen fugas durante la prueba. Para poder lograr las 10,000 pis se necesita de un aparato hidroneumático que por un lado recoga aire a presión proveniente de un compresor y por otro lado agua tratada con solvente para evitar oxidaciones internas. este aparato consta básicamente de un sistema émbolo-pistón que inyecta el agua hacia el interior de la válvula a probarse y de un conjunto de válvulas check que impiden que el agua regrese y no se pierda la presión generada por el pistón. Cuando se trata de una válvula cuya presión de trabajo (W.P.) es de 5,000 psi, la norma exige que la prueba se haga al doble siempre, es por eso que se prueba a 10,000 psi que es un rango bastante amplio de calidad y seguridad por si llegara el caso de que ya instalada la válvula en el campo, pudiera recibir presiones mucho mayores a las nominales de trabajo. es por eso que se utilizan éstos rangos de protección tan amplios que son favorables para la empresa pues ella sabrá que sus válvulas funcionarán correctamente en el campo bajo condiciones de trabajo extremas.

Las máquinas de presión se adquieren en el mercado y su precio depende de los rangos de presión que puedan alcanzar. de la misma manera ésta máquina posee una salida para poder conectar un manómetro y así poder ver cuando se haya llegado a la presión indicada. Por precaución se trata de que la máquina quede instalada afuera del cuarto donde se encuentra el banco y desde ahí poder maniobrar la ope-

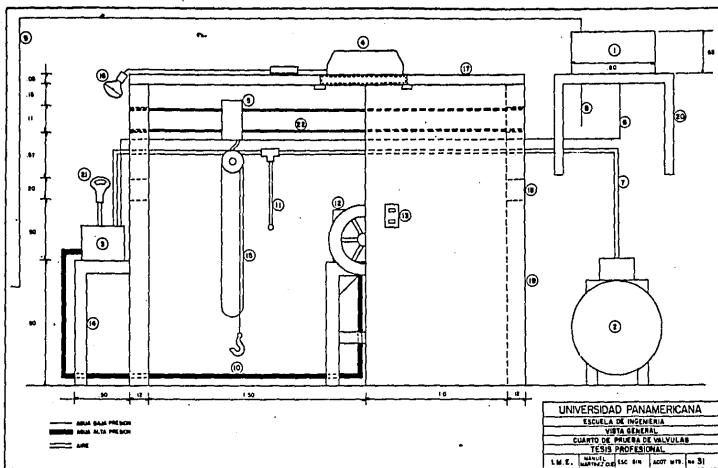


-ración adecuadamente y sin riesgos.

Puesto que del banco de pruebas a la máquina de presión existe una cierta distancia cubierta por tubería reforzada y sin costura para preveer el que no haya fugas ni rupturas, se piensa que existen ciertas pérdidas de presión (no significativas) en el trayecto de inyección. es por eso que cuando se empieza a elevar la presión detectada en el manómetro, se termina la prueba unas cuantas libras mas arriba de lo que marque la norma de prueba para salvar éstas pequeñas pérdidas por longitud de tubería.

El local propuesto, no varía mucho, en cuanto a construcción de los cuartos contruidos para el proceso de sand-blast y pintura, a excepción de no tener un extractor de aire; pero por otro lado, se construyó como se dijo, con un par de mirillas de seguridad y una barra para transporte de la válvula del piso al banco por medio de un polipasto de 0.5 ton. La distribución es patente en el diagrama a continuación:

| <u>PARTE NO.</u> | <u>DESCRIPCION</u> |
|------------------|---|
| 1 | Tanque de agua cilíndrico. |
| 2 | Compresor de 5 H.P. |
| 3 | Máquina de Presión. |
| 4 | 2 gabinetes para lamparas fluorescentes. |
| 5 | Carro de baleros porta polipasto. |
| 6 | Tubería de agua para Prueba (baja presión). |
| 7 | Tubería de aire para máquina de presión. |
| 8 | Tubería de desagüe. |
| 9 | Tubería de agua auxiliar. |
| 10 | Tubería de agua para prueba (alta presión). |
| 11 | Derivación de tubería para toma de aire auxiliar. |
| 12 | Banco de Pruebas. |
| 13 | Apagadores de luz. |
| 14 | Banco para máquina de presión. |
| 15 | Polipasto de 0.5 ton. |
| 16 | Lampara incandescente para alumbrar máquina de presión. |
| 17 | Techo de madera. |
| 18 | 2 mirillas de 15 cm x 30 cm x 12 cm |



Cont..

| <u>PARTE NO.</u> | <u>DESCRIPCION.</u> |
|------------------|---|
| 19 | Muros de Tabique. |
| 20 | Sostén angular para depósito de agua. |
| 21 | Manómetro para 15,000 psi. |
| 22 | 1Viga metálica en I de 2.75 mts x 15 cm x 1 cm. |

3.6 COMPONENTES CONSTITUTIVOS DEL BANCO DE PRUEBAS.

Aparte de la estructura metálica que implica el banco de pruebas en sí, están otros aditamentos que ayudan a la sujeción de la válvula dentro del banco y que ayudan al sellamiento adecuado para realizar la prueba sin que haya posibilidad de fugas.

Estos implementos son:

A) Plato de sujeción (1) de la parte de Inyección: Sujeta los platos de inyección tanto de 2" y 3". Se coloca en el orificio de inyección del banco de pruebas.

B) Plato de sujeción (2) de la parte de apriete: Con rosca ACME interna para permitir la entrada al tornillo de igual medida. Se coloca en el orificio de apriete.

C) Plato de Inyección para válvula de 2": Recibe al fluido de inyección a alta presión y se coloca dentro del plato de sujeción (1) de la parte de inyección. Tiene cavidad para O-Ring que ayuda al sellamiento con al extremo roscado de la válvula.

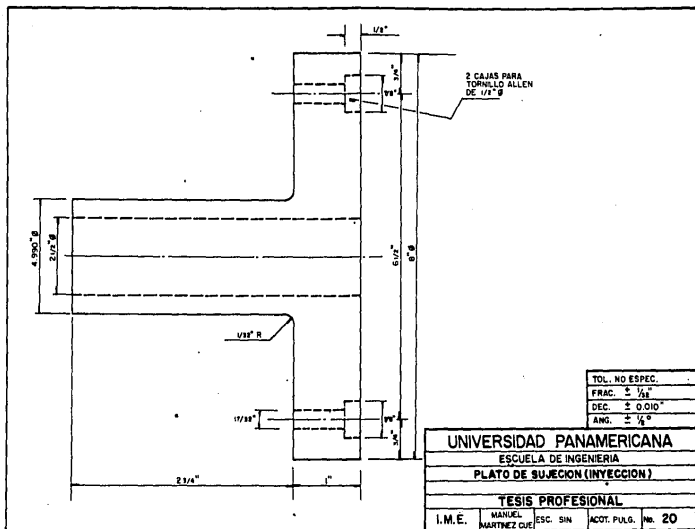
D) Plato de Apriete para válvula de 2": Tiene una cavidad semiesférica hembra donde se aloja la semiesfera de igual medida del tornillo para el apriete. Tiene cavidad para el O-Ring y un orificio para alivio de la presión donde se coloca una pequeña válvula para altas presiones que ayuda al desaque.

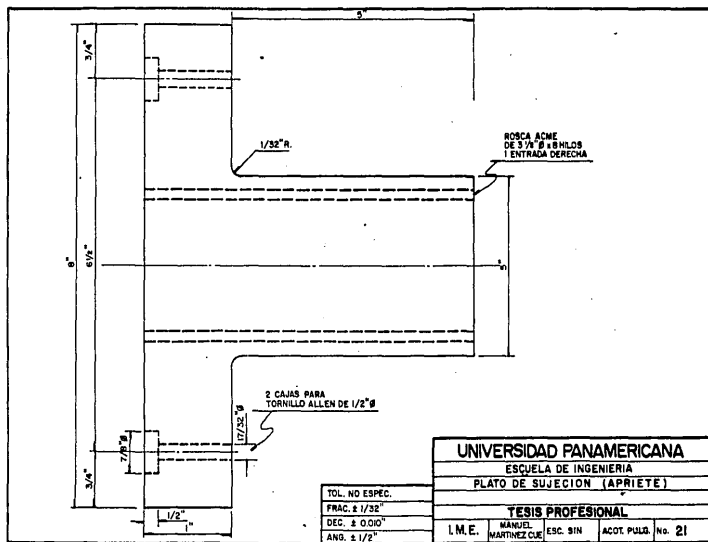
E) Plato de Inyección para válvula de 32: Idem, pero de 3".

F) Plato de Apriete para válvula de 3": Idem, pero de 3".

G) Tornillo: En un extremo, seisabado para colocar un volante y del otro, una semiesfera para el apriete. La intención de la semiesfera es el evitar que al momento de la prueba, si la presión hace que el conjunto de platos de sujeción y la válvula se muevan, el tornillo no se doble y no se pueda sacar posteriormente, la semiesfera absorberá todo movimiento evitando que se transmita al tornillo.

Por otro lado, se tuvo que diseñar un sistema de flujo de líquido de prueba (agua con solvente) y aire, apropiado de manera de lograr una máxima seguridad al momento de elevar la presión. Se hizo un diagrama de flujo de todos los componentes constitutivos de un local y su posible distribución.





UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

PLATO DE SUJECION (APRIETE)

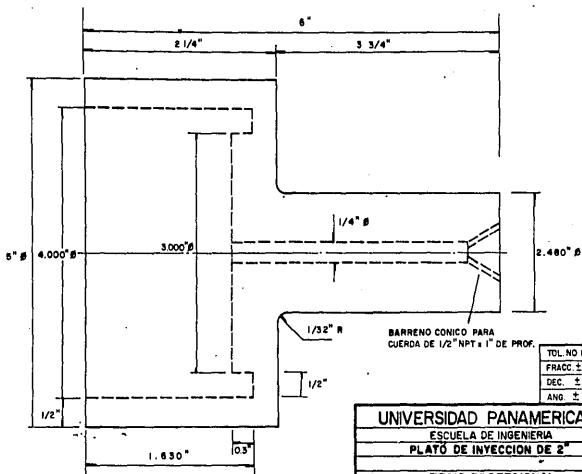
TESIS PROFESIONAL

L.M.E. MANUEL MARTINEZ CUE ESC. SIN ACOT. PUBL. No. 21

TOL. NO ESPEC.
 FRAC. ± 1/32"
 DEC. ± 0.010"
 ANG. ± 1/2°

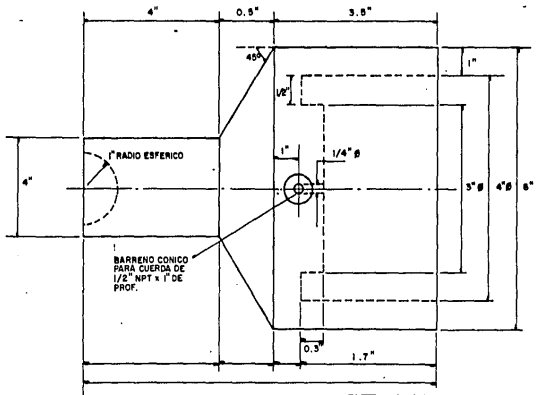
2 CAJAS PARA
 TORNILLO ALLEN DE 1/2" Ø

ROSCA ACME
 DE 3/78" Ø X 8 HILOS
 1 ENTRADA DERECHA



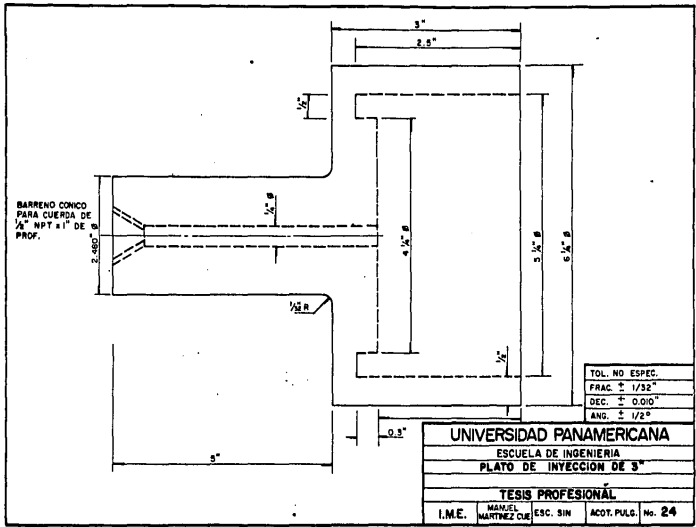
TOL. NO ESPEC.
FRACC. ± 1/32"
DEC. ± 0.010
ANG. ± 1/2°

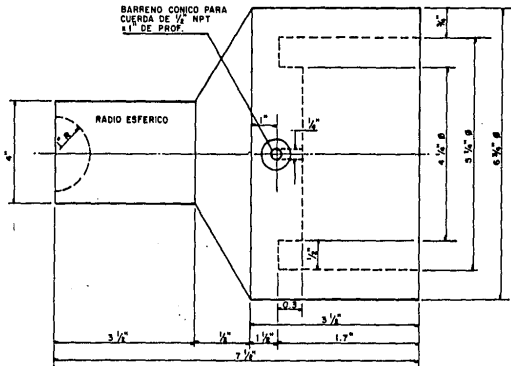
| | | | |
|--------------------------|---------------------|-----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| PLATO DE INYECCION DE 2" | | | |
| | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN/ | ACOT. PULG. No. 22 |



| |
|--------------------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. $\frac{2}{1/32}$ " |
| DEC. $\frac{2}{0.010}$ " |
| ANG. $\frac{2}{1/2}$ " |

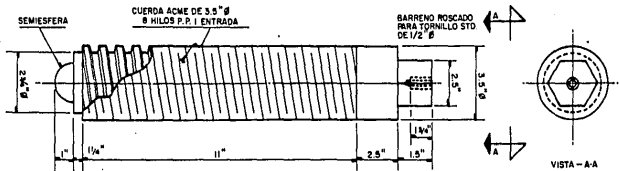
| | | | |
|---------------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| PLATO DE APRIETO DE 2" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MARTEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN. | ACOT. PULD. No. 23 |





| |
|----------------|
| TOL. NO ESPEC. |
| FRAC. ± 1/32" |
| DEC. ± 0.010" |
| ANG. ± 1/2° |

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------|--------------------|
| UNIVERSIDAD PANAMERICANA | | | |
| ESCUELA DE INGENIERIA | | | |
| PLATO DE APRIETE DE 3" | | | |
| TESIS PROFESIONAL | | | |
| I.M.E. | MANUEL MARTINEZ CUE | ESC. SIN | ACOT. PULO. No. 25 |



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUOLA DE INGENIERIA

TORNILLO

TESIS PROFESIONAL

TOL. NO ESPC.
FRAC. $\pm 1/32"$
DEC. $\pm 0.010"$
ANG. $\pm 1/2"$

L.M.E. MANUEL MARTINEZ CUE ESC. 81N ACOT. PULG. No. 26

3.7 EQUIPO ADICIONAL AUXILIAR NECESARIO PARA BANCO DE PRUEBAS.

a) BOMBA DE AGUA.

Se coloca a la salida del recipiente para agua ya utilizada a alta presión para poder bombearla nuevamente al tanque de agua colocado en alto. Basta con una bomba de 1/4 de caballo para poder bombear agua. Se recomienda que ésta sea de tipo sumergible de manera que no se tengan que hacer instalaciones adicionales y se pueda introducir al recipiente de agua directamente. en cuanto a su accionamiento, generalmente se espera a que el recipiente de agua se llene totalmente para poder accionarla.

b) BOMBA O MAQUINA DE PRESION.

Este aparato es comercial y se pueden encontrar en el mercado. Basicamente consta de un conjunto de válvulas check y un sistema émbolo-pistón que es accionado con aire a presión. Adicionalmente consta de un sistema de lubricación y un mofle para evitar ruidos excesivos. La máquina es accionada con el solo hecho de abrir una válvula de aire que está integrada al aparato y comenzará inmediatamente a inyectar agua el pistón. Por lo mismo contiene una entrada de aire del compresor, una entrada de agua del tanque elevado, una salida de agua para el manómetro y una salida de agua para el banco de pruebas.

c) RECIPIENTES.

Hay dos: El recipiente inferior que recoge el agua que se ha utilizado previamente para la prueba a alta presión de la válvula en curso y el tanque elevado que es el que proporciona agua filtrada y que por la acción gravitatoria suministra agua a la máquina de presión y al banco de pruebas. Ya que éste último está colocado en lo alto y es complicado el estar subiendo para revisar el nivel del agua, se le hizo al tanque una tapa con un orificio de 1" de diámetro. Se fabricó un indicador de nivel a base de un flotador comercial para tinacos soldado a un pedazo de metal redondo que sobresaliera por el orificio e indicara el nivel

de agua. en el caso de que faltara agua para la prueba, se acciona la entrada de agua auxiliar (agua de la calle) y el tanque se llena nuevamente.

d) SOCKETS DE PRESION.

Son tambien comerciales dependiendo del diámetro de la tubería en que se van a utilizar. Se instalaron para el caso en que se tuviera que desensamblar el sistema completo para mantenimiento de la máquina de presión y no tener que enroscar y desenroscar continuamente y desperdiciar cinta deteflón la cual se utiliza en las cuerdas para evitar cualquier posibilidad de fugas y pérdidas de aire lamentables, a la vez que evitar el desgaste de las cuerdas mismas. Se colocó otro a la entrada del banco de pruebas para dar facilidad al cambio de platos para prueba de válvulas de 22 ó de 3"-

e) MANGUERAS.

Se utilizaron para 3 rangos de presión:

1. Baja Presión: colocadas a la salida del tanque elevado y a la entrada y salida del filtro anterior a la máquina de presión, se usaron para la conducción de agua a baja presión.

2. Mediana Presión: colocada a la salida del compresor para que absorviera las vibraciones del mismo y no aflojara las conexiones metálicas y la entrada del aire a la máquina de presión. Se usó para la conducción de aire.

3. Alta Presión: Son mangueras reforzadas con varias capas de acero y conexiones reforzadas que se colocaron a la salida de la máquina de presión a conectar con el manómetro y a la entrada del banco de pruebas para absorber vibraciones de la máquina de presión y el evitar el aflojar conexiones roscadas. Se utilizan para la conducción de agua.

f) MANOMETRO.

Se utilizó un manómetro de disco de uso rudo con capacidad para 15,000 psi.

g) LLAVES DE ALIVIO.

Su función es la de permitir el desalojamiento del agua una vez que se reali-

-zó la prueba y se encuentra dentro de la cavidad de la válvula a la presión de prueba. Se colocan en los platos de sujeción del lado de apriete; es decir, del lado donde está el tornillo de cuerda ACME. es importante que se manden a hacer para la presión de prueba con un factor de seguridad de mínimo 1.5 para que pueda soportar rangos excesivos y fluctuantes de presión.

h) COMPRESOR.

Se recomienda un compresor de 5 H.P. con paro y encendido automático y rangos de presión de aire de entre 120 y 180 psi. Se recomienda purgarlo cada 2 semanas y cambiarle el aceite cada 2 meses.

i) CONDENSADOR DE AIRE.

Es muy recomendable su colocación después de la salida del aire del compresor para que el aire que entre a la máquina de presión, entre con un mínimo de humedad. este condensador tiene un vaso en el que se deposita el agua contenida en el aire comprimido y regularmente se tira.

j) TUBERIAS.

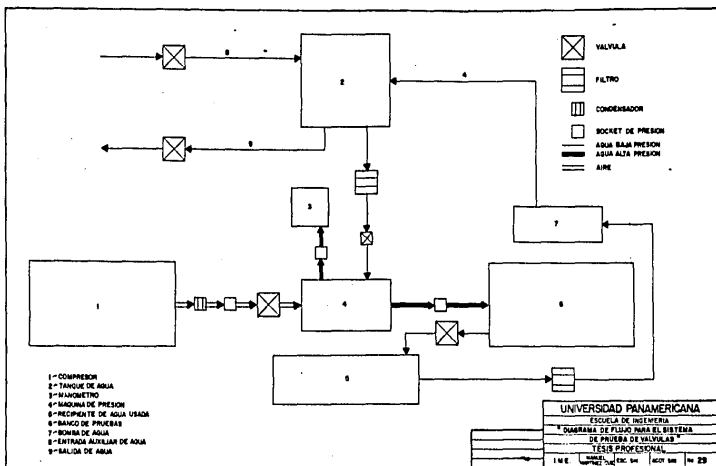
Para el agua se utilizaron de dos tipos según la presión:

1. Tubería de cobre, de pared delgada y de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, con costura para la salida y entrada de agua al tanque elevado y hasta la entrada al filtro de agua antes de la máquina de presión.
2. Tubería de acero, de pared gruesa ($\frac{3}{8}$ ") y de $\frac{1}{4}$ " de diámetro con uniones y codos reforzados con soldadura eléctrica con electrodos de acero inoxidable, sin costura, utilizada a la salida de la máquina de presión hacia el banco de pruebas hasta antes de la manguera de alta presión.

es muy recomendable que éste tramo de la máquina al banco, sea lo mas corto posible pues mientras mas corto sea, tardará mucho menos la máquina en inyectar presión y se hará la prueba en menos tiempo y se desgastará menos el equipo. Esto se debe a las pérdidas de presión por la tubería misma: entra mas larga, habrá mas pérdidas.

k) O-RINGS.

Se utilizan según la medida de la válvula que se vaya a probar y se mandan a hacer especialmente con hule Buna-N con dureza de 75-80 Shore de manera que puedan soportar la alta presión. Se colocan en una cavidad en el interior de los platos de sujeción del banco de pruebas, uno de cada lado. es recomendable que aunque el o-ring es redondo, la cavidad donde se alojen sea cuadrada para que al momento del apriete con el tornillo y la presión misma, tenga éste donde alojarse. La experiencia, de igual manera, ha dicho que si el o-ring es de $\frac{1}{2}$ " como en éste caso, la cavidad se haga de 0.300" de manera que solamente sobresalgan 0.200" que es lo que va a estar en contacto con los extremos roscados de la válvula. este diseño evitará el tener que reponer continuamente éstas piezas que suelen ser caras y hacer que duren varias pruebas antes de que se desgarran por completo y puedan deshecharse definitivamente.



3.8 RESUMEN DE PUNTOS CRITICOS PARA PREVENCION DE POSIBLES FUGAS EN LA VALVULA.

1) El primer punto crítico a considerar es la medida del diámetro interno de tanto el cuerpo superior como del inferior donde va a ir alojado el empaque de compuerta. es necesario que éste diámetro sea de 0.100" a 0.120" menor que el diámetro del empaque de compuerta con los platos de desgaste colocados, de manera que el apriete deliberadamente provocado apriete el hule del empaque y los platos se mantengan firmes y se eviten fugas entre los cuerpos y los platos. De ésta manera el empaque de compuerta viene a ser un sellamiento entre ambas piezas de metal.

2) Otro punto a cuidar es la cavidad del cuerpo superior (cuello) donde se introduce el empaque de vástago. es importante, de la misma manera que el empaque de compuerta, que el diámetro interno del cuello sea menor al diámetro exterior del empaque del vástago de manera que haya un apriete del cuerpo hacia éste empaque y a la vez que el diámetro del vástago de la compuerta sea mayor que el diámetro interno del mismo empaque.

3) el siguiente punto crítico está en el O-Ring. Aunque se vió que lo que debe de sobresalir del anillo de su cavidad es aproximadamente de un 20% a un 30% se debe de buscar que el apriete contra el plato sea lo mas posible sin llegar al extremo de rasgar el anillo contra los filos de los platos al momento del ensamble.

4) es muy necesario el lubricar completamente la válvula durante el proceso del ensamble. No solamente introducir grasa por las graseras, sino el engrasar cada una de las partes durante el armado, sobre todo la cavidad interna del cuerpo superior y las ranuras de los extremos roscados. La grasa muchas veces actuará como un sellamiento extra y evitará posibles fugas. Hay que evitar, lo mas posible el dejar cavidades con aire interiormente, rellenando éstas con grasa.

5) Es importante, al momento de colocar las graseras, que éstas vayan muy bien enroscadas y comprobar, antes de ponerlas tanto en el bonete como en el cuerpo

superior, que no estén golpeadas ni machucadas en la parte de la bala pues podría, ésta a altas presiones, salir disparada y provocar un accidente. es recomendable, poner cinta de teflón rodeada de Permatex a la cuerda de la grasera para que no haya posibilidades de fuga por la cuerda misma.

6) Otro punto crítico es la distancia que hay entre bridas o extremos roscados al momento de colocarlos en el cuerpo superior o inferior a la hora del ensamble. esta medida es crítica (si están bien hechas las ranuras de los O-Rings en los extremos; es decir, si tienen las 0.300" de profundidad), pues va a determinar el apriete de los O-Rings contra los platos de desgaste. Se debe de cuidar que el apriete sea el máximo, sin llegar a rasgar el anillo al momento del ensamble.

3.9 CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD.

Debido a que las piezas para ensamble llegan de diversos proveedores para ser ensambladas, se tuvo que contratar a una persona que se dedicara enteramente a verificar dimensionalmente las partes de la válvula que fueran llegando y de ésta manera, aceptar o rechazar el producto para ensamble.

Para tal efecto se combino en utilizar un sistema llamado "Control Estadístico de Calidad de Shewhart" por el cual se puede medir la calidad de un proceso a base de gráficas definidas por límites de control. La base que se tiene para iniciar el muestreo son los planos de las piezas; es decir se define un límite máximo, límite mínimo y efectivo en base a las tolerancias que dicta el plano de la pieza o el diseñador. Se elaboró para ésto, una tabla de registro donde se plasman todas las mediciones efectuadas de una sola medida en específico. A partir de éstas medidas se hace una serie de cálculos como la media, la desviación estandar y la amplitud definidas por:

$$\text{Media} = \bar{X} = 1/n \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)$$

$$\text{Amplitud} = R = X_{\max} - X_{\min}$$

$$\text{Desviación Estandard} = \left(\frac{\sum f x^2}{n} - \bar{X}^2 \right)^{1/2}$$

De la tabla se puede apreciar, en la primera columna, el número de serie. Según la teoría de Shewhart, es conveniente examinar 5 elementos para obtener los resultados que dicta el método. Por cada serie de 5 unidades o elementos, se obtiene la correspondiente media de los mismos y el rango, la unidad de medida colocada en cada recuadro son milésimas por arriba de su valor predeterminado cuidando que no haya posibilidad de que aparezcan valores negativos, es por eso que se escoge con un rango amplio para que no se de éste caso.

Una vez llenada la tabla (con 16 números de serie es suficiente por lote, es cogidos al azar). Se saca el promedio de las medias (promedio de la población), el promedio de los rangos y la desviación estandar. En el caso de que haya valores de rango en alguna serie de 5 elementos muy disparada con respecto al resto de serie es recomendable el calcular el rango promedio y las demás operaciones sin éstos datos para observar como se comportan los límites de control. Esto se hace pues una o dos series fuera de lo normal, en cuanto al rango, no son tan significativas a considerar, con respecto al total.

Existe una relación entre \bar{R} y dada por d_2 para efectos prácticos de cálculo. El uso práctico de éste factor es proporcionar un método alternativo para la estimación de la desviación estandar tipo de una población a partir de una serie de muestras: $\frac{1}{2}d_2$ se obtiene de tablas a partir del número de elementos observados por números de serie y en nuestro caso para $n = 5$, $d_2 = 2.326$.

De igual manera para observar el cálculo de los límites de control a partir de \bar{R} , se ha ideado el factor A_2 que igualmente depende del número de elementos observados por números de serie y que se obtiene igualmente de tablas. Para nuestro caso de 5 observaciones $A_2 = 0.58$ de tal manera que para obtener los límites de control de \bar{X} , se opera de la siguiente manera:

$$U C L_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$L C L_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Para las gráficas de amplitud, de igual modo, para efectos prácticos, D_4 se obtiene de tablas a partir del número de elementos observados por cada serie (5 en nuestro caso), por lo que $D_4 = 2.11$. Multiplicando $D_4 \bar{R}$, dará el límite de control superior con respecto al rango graficando ahí mismo el rango promedio para observar en función de la desviación estándar, la dispersión de los datos.

En cuanto al límite de control inferior respecto al rango, éste siempre será cero, pues las medidas siempre serán obsoletas (i.e. no son medidas como la temperatura que pueden ser negativas). En el gráfico de límites de control respecto a la medida es conveniente colocar los límites dados por el plano o diseñador de la pieza (nominales) para efectos de comparar que tan fuera o dentro están los datos de los límites nominales, a saber que lo ideal es hacer coincidir éstos con los límites de control y dentro de ambos gráficos los valores de las medidas.

HOJA DE REGISTRO PARA EL GRAFICO \bar{X} y R

PLANTA

NOMBRE DE LA PIEZA BONETE 2"-5000

.880 MAX

CARACTERISTICA MEDIDA ALTURA DE CAMARA DEL BALERO LIM. EFEC

± .005 .870 MIN.

UNIDAD DE MEDIDA 0.001 POR ENCIMA DE .800

| SERIE No. | FECHA PROD. | VALOR DE C/U DE LOS CINCO ELEMENTOS DE LA SERIE | | | | | \bar{X} DE LOS EL. | R. AM. DE LOS EL. | OBSERVACIONES |
|-----------|-------------|---|------|------|------|------|----------------------|-------------------|---------------|
| | | A | B | C | D | E | | | |
| 1 | JUL/23 | .910 | .911 | .905 | .905 | .898 | .904 | .013 | |
| 2 | | .891 | .897 | .905 | .921 | .901 | .903 | .03 | |
| 3 | | .900 | .897 | .883 | .882 | .919 | .897 | .037 | |
| 4 | | .895 | .882 | .895 | .894 | .915 | .896 | .033 | |
| 5 | | .919 | .905 | .886 | .900 | .893 | .901 | .033 | |
| 6 | | .9015 | .906 | .895 | .908 | .895 | .901 | .013 | |
| 7 | | .899 | .900 | .909 | .909 | .919 | .907 | .02 | |
| 8 | | .909 | .906 | .902 | .912 | .902 | .906 | .01 | |
| 9 | | .899 | .900 | .905 | .913 | .912 | .906 | .014 | |
| 10 | | .9115 | .902 | .916 | .901 | .903 | .907 | .015 | |
| 11 | | .9025 | .905 | .914 | .913 | .917 | .910 | .015 | |
| 12 | | .906 | .916 | .916 | .903 | .906 | .909 | .013 | |
| 13 | | .912 | .912 | .895 | .891 | .900 | .902 | .021 | |
| 14 | | .903 | .913 | .913 | .906 | .919 | .911 | .016 | |
| 15 | | .904 | .910 | .910 | .901 | .917 | .908 | .016 | |
| 16 | | .918 | | | | | | | |

$$\bar{\bar{X}} = \frac{13.568}{15} = .9045$$

$$A_2 \bar{R} = .58 (.0199) = .0116$$

$$UCL_{\bar{X}} = .9045 + .0116 = .9161$$

$$LCL_{\bar{X}} = .9045 - .0116 = .8929$$

$$\bar{R} = \frac{.299}{15} = .0199$$

$$D_4 \bar{R} = 2.11 (.0199) = .0421$$

$$UCL_{\bar{R}} = .0421$$

$$LCL_{\bar{R}} = 0$$

$$U' = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{.0199}{2.326} = .0086$$

C A P I T U L O 4

JUSTIFICACION ECONOMICA DEL PROYECTO DE FABRICACION PARA LA

VALVULA FLEX-SEAL.

4.1 CAMINO CRITICO Y GRAFICO DE GANTT.

Comenzaremos el capítulo analizando, en primer lugar, el tiempo estimado de duración del proyecto; ésto es, definir todas las actividades y estimar luego un tiempo pesimista de duración de cada una de las actividades y finalmente determinar los requerimientos previos a sendas actividades. Estos parámetros nos darán oportunidad de graficar el proyecto completo y en función del tiempo obtenido de duración, sacar los costos del financiamiento del mismo en función de los flujos de efectivo.

A continuación, la tabla de actividades:

| <u>ACTIVIDADES</u> | <u>DURACION</u> (días) | <u>REQUERIMIENTOS</u> |
|--|------------------------|-----------------------|
| 1.- Hacer moldes cpo. sup., inf., bonetes y tuerca de vástago. | 90 | - |
| 2.- Hacer moldes volantes. | 50 | - |
| 3.- Hacer dados compuertas. | 60 | - |
| 4.- Hacer moldes empaques de compuerta, O-Rings y empaques de vástago. | 40 | - |
| 5.- Hacer molde arandelas. | 10 | - |
| 6.- Fundir Cuerpo Superior, Inferior, Bonete y Tuerca de Vástago. | 25 | 1 |
| 7.- Maquinar Cuerpo Superior, Inferior, Bonetes y Tuercas de Vástago. | 65 | 6 |
| 8.- Forjar Compuertas. | 15 | 3 |
| 9.- Maquinar Compuertas. | 50 | 8 |
| 10.- Hacer Empaques de vástago, de compuerta y O-Rings. | 14 | 4 |
| 11.- Fundir Volantes. | 9 | 2 |
| 12.- Maquinar anillo de Empaque | 8 | 7 |

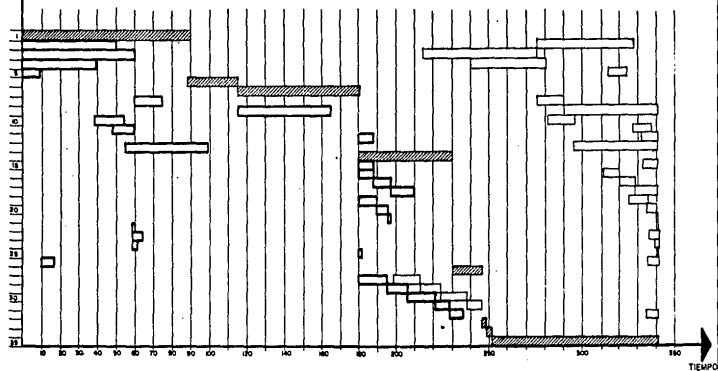
Cont..

| <u>ACTIVIDADES</u> | <u>DURACION</u> (días) | <u>REQUERIMIENTOS</u> |
|--|------------------------|-----------------------|
| 13.- Maquinar platos de desgaste. | 45 | 10 |
| 14.- Maquinar Extremos Roscados. | 50 | 7 |
| 15.- Hacer Pernos de Ensamble del Bonete. | 8 | 7 |
| 16.- Forjar Pernos del Cuerpo. | 8 | 7 |
| 17.- Maquinar Pernos del cuerpo | 9 | 16 |
| 18.- Maquinar Tuercas de Capuchón. | 13 | 17 |
| 19.- Maquinar Pistas para Balero. | 9 | 7 |
| 20.- Maquinar Cubiertas para Balero. | 6 | 19 |
| 21.- Comprar Balas. | 1 | 19, 20 |
| 22.- Comprar resortes para Volantes. | 1 | 11 |
| 23.- Hacer Seguro del Volante. | 5 | 11 |
| 24.- Hacer Pasador para seguros del Volante. | 2 | 11 |
| 25.- Comprar Graseras. | 1 | 7 |
| 26.- Hacer Arandelas. | 6 | 5 |
| 27.- Hacer tapas de Extremos Roscados. | 15 | 14 |
| 28.- Hacer placas de Identificación. | 15 | 7 |
| 29.- Hacer Empaque de Válvula. | 10 | 28 |
| 30.- Ensamble de Válvulas y Prueba. | 15 | 29 |
| 31.- Comprar Pintura y Pintar. | 7 | 30 |
| 32.- Colocar Placa de Identificación | 7 | 31 |
| 33.- Colocar Tapas a Extremos Roscados. | 2 | 27, 31 |
| 34.- Empacar y Flejar. | 4 | 33 |
| 35.- Surtir y Pago. | 90 | 34 |

GRÁFICA DE GANTT
 PROYECTO: 150 MLVULAS FLEX-SEAL DE 2" Y 3".
 DURACION ESTIMADA 341 DIAS.

ACTIVIDADES CRITICAS
 TIEMPOS PRIMEROS DE INICIO
 TIEMPOS ULTIMOS DE INICIO

ACTIVIDADES



(168)
C A M I N O C R I T I C O

| <u>ACTIVIDADES</u> | <u>T P I</u> | <u>T P T</u> | <u>T U I</u> | <u>T U T</u> | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| 1 | 0 | 90 | 0 | 90 | ACTIVIDAD CRITICA |
| 2 | 0 | 50 | 277 | 327 | |
| 3 | 0 | 60 | 216 | 276 | |
| 4 | 0 | 40 | 242 | 282 | |
| 5 | 0 | 10 | 315 | 325 | |
| 6 | 90 | 115 | 90 | 115 | ACTIVIDAD CRITICA |
| 7 | 115 | 180 | 115 | 180 | ACTIVIDAD CRITICA |
| 8 | 60 | 75 | 276 | 291 | |
| 9 | 115 | 165 | 291 | 341 | |
| 10 | 40 | 54 | 282 | 296 | |
| 11 | 50 | 59 | 327 | 336 | |
| 12 | 180 | 188 | 333 | 341 | |
| 13 | 54 | 99 | 296 | 341 | |
| 14 | 180 | 230 | 180 | 230 | ACTIVIDAD CRITICA |
| 15 | 180 | 188 | 333 | 341 | |
| 16 | 180 | 188 | 311 | 319 | |
| 17 | 188 | 197 | 319 | 328 | |
| 18 | 197 | 210 | 328 | 341 | |
| 19 | 180 | 189 | 325 | 334 | |
| 20 | 189 | 195 | 334 | 340 | |
| 21 | 195 | 196 | 340 | 341 | |
| 22 | 59 | 60 | 340 | 341 | |
| 23 | 59 | 64 | 336 | 341 | |
| 24 | 59 | 61 | 339 | 341 | |
| 25 | 180 | 181 | 340 | 341 | |

| <u>ACTIVIDADES</u> | <u>T P I</u> | <u>T P T</u> | <u>T U I</u> | <u>T U T</u> | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| 26 | 10 | 16 | 325 | 341 | |
| 27 | 230 | 245 | 230 | 245 | ACTIVIDAD CRITICA |
| 28 | 180 | 195 | 198 | 213 | |
| 29 | 195 | 205 | 213 | 223 | |
| 30 | 205 | 220 | 223 | 238 | |
| 31 | 220 | 227 | 238 | 245 | |
| 32 | 227 | 234 | 334 | 341 | |
| 33 | 245 | 247 | 245 | 247 | ACTIVIDAD CRITICA |
| 34 | 247 | 251 | 247 | 251 | ACTIVIDAD CRITICA |
| 35 | 251 | 341 | 251 | 341 | ACTIVIDAD CRITICA |

T P I = TIEMPO PRIMERO DE INICIO

T P T = TIEMPO PRIMERO DE TERMINACION

T U I = TIEMPO ULTIMO DE INICIO

T U T = TIEMPO ULTIMO DE TERMINACION

Como vemos, la duración del proyecto es de 341 días o su equivalente, para efectos prácticos y de cálculos posteriores a 11.36 meses. La ruta crítica obtenida está definiendo las actividades a las que no se les puede dar tiempo de holgura para efectuarlas; es decir, no se pueden prorrogar pues aumentarían, necesariamente el tiempo de duración del proyecto y por lo tanto, su costo.

Las actividades a cuidar, por lo tanto, son: 1,6,7,14,27,33,34 y 35. Es conveniente asignar a una persona en particular para que cuide de cerca que se lleven a cabo dentro del tiempo y programa predefinidos las actividades anteriores, pues son las que mas cuidado necesitan para que se cumplan a tiempo.

4.2 CONCENTRADO DE COSTOS UNITARIOS POR PARTES Y COSTOS DE MOLDES Y HERRAMENTAL.

Los siguientes costos unitarios por partida, son producto de haber reunido las cotizaciones de los proveedores que surtieron durante el año del proyecto y obtener en base a éstos, un valor promedio estimado de todos los procesos intermedios a los que son sometidas las piezas desde materia prima, hasta producto terminado listo para empaque (en caso de piezas para refaccionamiento) o de ensamble (en caso de válvulas).

| NO | DESCRIBE | QTY | | | UNIT | PRICE | AMOUNT | TAX | TOTAL |
|-----|----------|-----|------|-------|------|-------|--------|-----|-------|
| | | QTY | UNIT | PRICE | | | | | |
| 1 | ... | | | | | | | | |
| 2 | ... | | | | | | | | |
| 3 | ... | | | | | | | | |
| 4 | ... | | | | | | | | |
| 5 | ... | | | | | | | | |
| 6 | ... | | | | | | | | |
| 7 | ... | | | | | | | | |
| 8 | ... | | | | | | | | |
| 9 | ... | | | | | | | | |
| 10 | ... | | | | | | | | |
| 11 | ... | | | | | | | | |
| 12 | ... | | | | | | | | |
| 13 | ... | | | | | | | | |
| 14 | ... | | | | | | | | |
| 15 | ... | | | | | | | | |
| 16 | ... | | | | | | | | |
| 17 | ... | | | | | | | | |
| 18 | ... | | | | | | | | |
| 19 | ... | | | | | | | | |
| 20 | ... | | | | | | | | |
| 21 | ... | | | | | | | | |
| 22 | ... | | | | | | | | |
| 23 | ... | | | | | | | | |
| 24 | ... | | | | | | | | |
| 25 | ... | | | | | | | | |
| 26 | ... | | | | | | | | |
| 27 | ... | | | | | | | | |
| 28 | ... | | | | | | | | |
| 29 | ... | | | | | | | | |
| 30 | ... | | | | | | | | |
| 31 | ... | | | | | | | | |
| 32 | ... | | | | | | | | |
| 33 | ... | | | | | | | | |
| 34 | ... | | | | | | | | |
| 35 | ... | | | | | | | | |
| 36 | ... | | | | | | | | |
| 37 | ... | | | | | | | | |
| 38 | ... | | | | | | | | |
| 39 | ... | | | | | | | | |
| 40 | ... | | | | | | | | |
| 41 | ... | | | | | | | | |
| 42 | ... | | | | | | | | |
| 43 | ... | | | | | | | | |
| 44 | ... | | | | | | | | |
| 45 | ... | | | | | | | | |
| 46 | ... | | | | | | | | |
| 47 | ... | | | | | | | | |
| 48 | ... | | | | | | | | |
| 49 | ... | | | | | | | | |
| 50 | ... | | | | | | | | |
| 51 | ... | | | | | | | | |
| 52 | ... | | | | | | | | |
| 53 | ... | | | | | | | | |
| 54 | ... | | | | | | | | |
| 55 | ... | | | | | | | | |
| 56 | ... | | | | | | | | |
| 57 | ... | | | | | | | | |
| 58 | ... | | | | | | | | |
| 59 | ... | | | | | | | | |
| 60 | ... | | | | | | | | |
| 61 | ... | | | | | | | | |
| 62 | ... | | | | | | | | |
| 63 | ... | | | | | | | | |
| 64 | ... | | | | | | | | |
| 65 | ... | | | | | | | | |
| 66 | ... | | | | | | | | |
| 67 | ... | | | | | | | | |
| 68 | ... | | | | | | | | |
| 69 | ... | | | | | | | | |
| 70 | ... | | | | | | | | |
| 71 | ... | | | | | | | | |
| 72 | ... | | | | | | | | |
| 73 | ... | | | | | | | | |
| 74 | ... | | | | | | | | |
| 75 | ... | | | | | | | | |
| 76 | ... | | | | | | | | |
| 77 | ... | | | | | | | | |
| 78 | ... | | | | | | | | |
| 79 | ... | | | | | | | | |
| 80 | ... | | | | | | | | |
| 81 | ... | | | | | | | | |
| 82 | ... | | | | | | | | |
| 83 | ... | | | | | | | | |
| 84 | ... | | | | | | | | |
| 85 | ... | | | | | | | | |
| 86 | ... | | | | | | | | |
| 87 | ... | | | | | | | | |
| 88 | ... | | | | | | | | |
| 89 | ... | | | | | | | | |
| 90 | ... | | | | | | | | |
| 91 | ... | | | | | | | | |
| 92 | ... | | | | | | | | |
| 93 | ... | | | | | | | | |
| 94 | ... | | | | | | | | |
| 95 | ... | | | | | | | | |
| 96 | ... | | | | | | | | |
| 97 | ... | | | | | | | | |
| 98 | ... | | | | | | | | |
| 99 | ... | | | | | | | | |
| 100 | ... | | | | | | | | |

| NO | DESCRIBE | QTY | | | UNIT | PRICE | AMOUNT | TAX | TOTAL |
|-----|----------|-----|------|-------|------|-------|--------|-----|-------|
| | | QTY | UNIT | PRICE | | | | | |
| 1 | ... | | | | | | | | |
| 2 | ... | | | | | | | | |
| 3 | ... | | | | | | | | |
| 4 | ... | | | | | | | | |
| 5 | ... | | | | | | | | |
| 6 | ... | | | | | | | | |
| 7 | ... | | | | | | | | |
| 8 | ... | | | | | | | | |
| 9 | ... | | | | | | | | |
| 10 | ... | | | | | | | | |
| 11 | ... | | | | | | | | |
| 12 | ... | | | | | | | | |
| 13 | ... | | | | | | | | |
| 14 | ... | | | | | | | | |
| 15 | ... | | | | | | | | |
| 16 | ... | | | | | | | | |
| 17 | ... | | | | | | | | |
| 18 | ... | | | | | | | | |
| 19 | ... | | | | | | | | |
| 20 | ... | | | | | | | | |
| 21 | ... | | | | | | | | |
| 22 | ... | | | | | | | | |
| 23 | ... | | | | | | | | |
| 24 | ... | | | | | | | | |
| 25 | ... | | | | | | | | |
| 26 | ... | | | | | | | | |
| 27 | ... | | | | | | | | |
| 28 | ... | | | | | | | | |
| 29 | ... | | | | | | | | |
| 30 | ... | | | | | | | | |
| 31 | ... | | | | | | | | |
| 32 | ... | | | | | | | | |
| 33 | ... | | | | | | | | |
| 34 | ... | | | | | | | | |
| 35 | ... | | | | | | | | |
| 36 | ... | | | | | | | | |
| 37 | ... | | | | | | | | |
| 38 | ... | | | | | | | | |
| 39 | ... | | | | | | | | |
| 40 | ... | | | | | | | | |
| 41 | ... | | | | | | | | |
| 42 | ... | | | | | | | | |
| 43 | ... | | | | | | | | |
| 44 | ... | | | | | | | | |
| 45 | ... | | | | | | | | |
| 46 | ... | | | | | | | | |
| 47 | ... | | | | | | | | |
| 48 | ... | | | | | | | | |
| 49 | ... | | | | | | | | |
| 50 | ... | | | | | | | | |
| 51 | ... | | | | | | | | |
| 52 | ... | | | | | | | | |
| 53 | ... | | | | | | | | |
| 54 | ... | | | | | | | | |
| 55 | ... | | | | | | | | |
| 56 | ... | | | | | | | | |
| 57 | ... | | | | | | | | |
| 58 | ... | | | | | | | | |
| 59 | ... | | | | | | | | |
| 60 | ... | | | | | | | | |
| 61 | ... | | | | | | | | |
| 62 | ... | | | | | | | | |
| 63 | ... | | | | | | | | |
| 64 | ... | | | | | | | | |
| 65 | ... | | | | | | | | |
| 66 | ... | | | | | | | | |
| 67 | ... | | | | | | | | |
| 68 | ... | | | | | | | | |
| 69 | ... | | | | | | | | |
| 70 | ... | | | | | | | | |
| 71 | ... | | | | | | | | |
| 72 | ... | | | | | | | | |
| 73 | ... | | | | | | | | |
| 74 | ... | | | | | | | | |
| 75 | ... | | | | | | | | |
| 76 | ... | | | | | | | | |
| 77 | ... | | | | | | | | |
| 78 | ... | | | | | | | | |
| 79 | ... | | | | | | | | |
| 80 | ... | | | | | | | | |
| 81 | ... | | | | | | | | |
| 82 | ... | | | | | | | | |
| 83 | ... | | | | | | | | |
| 84 | ... | | | | | | | | |
| 85 | ... | | | | | | | | |
| 86 | ... | | | | | | | | |
| 87 | ... | | | | | | | | |
| 88 | ... | | | | | | | | |
| 89 | ... | | | | | | | | |
| 90 | ... | | | | | | | | |
| 91 | ... | | | | | | | | |
| 92 | ... | | | | | | | | |
| 93 | ... | | | | | | | | |
| 94 | ... | | | | | | | | |
| 95 | ... | | | | | | | | |
| 96 | ... | | | | | | | | |
| 97 | ... | | | | | | | | |
| 98 | ... | | | | | | | | |
| 99 | ... | | | | | | | | |
| 100 | ... | | | | | | | | |

| NO | DESCRIBE | QTY | | | UNIT | PRICE | AMOUNT | TAX | TOTAL |
|----|----------|-----|------|-------|------|-------|--------|-----|-------|
| | | QTY | UNIT | PRICE | | | | | |
| 1 | ... | | | | | | | | |
| 2 | ... | | | | | | | | |
| 3 | ... | | | | | | | | |
| 4 | ... | | | | | | | | |
| 5 | ... | | | | | | | | |
| 6 | ... | | | | | | | | |
| 7 | ... | | | | | | | | |
| 8 | ... | | | | | | | | |
| 9 | ... | | | | | | | | |
| 10 | ... | | | | | | | | |
| 11 | ... | | | | | | | | |
| 12 | ... | | | | | | | | |
| 13 | ... | | | | | | | | |
| 14 | ... | | | | | | | | |
| 15 | ... | | | | | | | | |
| 16 | ... | | | | | | | | |
| 17 | ... | | | | | | | | |
| 18 | ... | | | | | | | | |
| 19 | ... | | | | | | | | |
| 20 | ... | | | | | | | | |
| 21 | ... | | | | | | | | |
| 22 | ... | | | | | | | | |
| 23 | ... | | | | | | | | |
| 24 | ... | | | | | | | | |
| 25 | ... | | | | | | | | |
| 26 | ... | | | | | | | | |
| 27 | ... | | | | | | | | |
| 28 | ... | | | | | | | | |
| 29 | ... | | | | | | | | |
| 30 | ... | | | | | | | | |
| 31 | ... | | | | | | | | |
| 32 | ... | | | | | | | | |
| 33 | ... | | | | | | | | |
| 34 | ... | | | | | | | | |
| 35 | ... | | | | | | | | |
| 36 | ... | | | | | | | | |
| 37 | ... | | | | | | | | |
| 38 | ... | | | | | | | | |
| 39 | ... | | | | | | | | |
| 40 | ... | | | | | | | | |
| 41 | ... | | | | | | | | |
| 42 | ... | | | | | | | | |
| 43 | ... | | | | | | | | |
| 44 | ... | | | | | | | | |
| 45 | ... | | | | | | | | |
| 46 | ... | | | | | | | | |
| 47 | ... | | | | | | | | |
| 48 | ... | | | | | | | | |
| 49 | ... | | | | | | | | |
| 50 | ... | | | | | | | | |
| 51 | ... | | | | | | | | |
| 52 | ... | | | | | | | | |
| 53 | ... | | | | | | | | |
| 54 | ... | | | | | | | | |
| 55 | ... | | | | | | | | |
| 56 | ... | | | | | | | | |
| 57 | ... | | | | | | | | |
| 58 | ... | | | | | | | | |
| 59 | ... | | | | | | | | |
| 60 | ... | | | | | | | | |
| 61 | ... | | | | | | | | |
| 62 | ... | | | | | | | | |
| 63 | ... | | | | | | | | |
| 64 | ... | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | |

Prorateo de Moldes, Herramentales y Dados utilizados para la fabricación de Piezas:

Contablemente, existen 2 maneras sencillas de considerar en el costo por pieza el precio de éstos herramentales.

1) Si sabemos el número de piezas que pueden hacerse con los moldes o dados, simplemente dividimos el precio entre el número de piezas y así obtener la parte del costo que le corresponde a esa pieza por cuestión de herramentales.

2) Esta forma es la que procede fiscalmente y consiste en depreciar durante 3 años los herramentales en cuestión, la misma cantidad cada año. Por ser un activo fijo de la compañía, es posible deducirlo de impuestos, por lo que resulta ventajoso. A los 3 años, el herramental no tiene ya ningún valor a nivel contable.

En nuestro caso, para efectos de simplificar el cálculo, se combinó en seguir el primer método.

A continuación se pondrán las tablas correspondientes a los precios de los moldes y dados, el correspondiente valor adjudicado a la pieza y el porcentaje que representa del total de su costo. Como se podrá apreciar, el porcentaje adjudicado al costo es ridículo en relación al costo total de la pieza, por lo que no se contemplará éste valor en el valor de la pieza; sin embargo se quiso introducir éste punto por cuestión de que el gasto en éstas piezas fué de consideración.

PRECIOS DE Moldes y dados.

| <u>DESCRIPCION</u> | <u>2"</u> | <u>3"</u> | <u>4"</u> |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Molde para Empaque de Cospuerta | \$ 85,000.00 | \$150,000.00 | \$180,000.00 |
| Molde para O-Ring | \$40,000.00 | \$40,000.00 | \$40,000.00 |
| Molde para Empaque de Vástago | \$60,000.00 | \$72,000.00 | \$90,000.00 |
| Molde para Arandelas | \$50,000.00 | \$50,000.00 | ----- |
| Dados para Cospuestas. | \$3,400,000.00 | \$4,100,000.00 | \$4,700,000.00 |
| Molde Fundicion Cuerpos | \$270,000.00 | \$340,000.00 | ----- |
| Molde para Volantes | \$102,000.00 | \$125,000.00 | ----- |
| Molde para Bonetes | \$155,000.00 | \$170,000.00 | ----- |
| Molde para Tuercas de Vástago. | \$95,000.00 | \$123,000.00 | ----- |

Cantidad de Piezas por hacer en cada molde y porcentaje adjudicado a cada pieza por el costo del molde:

| <u>Molde</u> | <u>Cantidad de Piezas</u> | <u>Prorateo del Costo. (en pesos)</u> | | | <u>% del Costo Total Pieza</u> | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|
| | | <u>2^o</u> | <u>3^o</u> | <u>4^o</u> | <u>2^o</u> | <u>3^o</u> | <u>4^o</u> |
| Empaque Compuerta | 50,000 | 1.7 | 3.0 | 3.6 | 0.06% | 0.07% | 0.06% |
| O-Ring | 50,000 | 0.8 | 0.8 | 1.3 | 0.08% | 0.05% | 0.05% |
| Empaque de Vástago | 50,000 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 0.1% | 0.1% | 0.1% |
| Arandelas | 50,000 | 1.0 | 1.04 | --- | 0.09% | 0.08% | --- |
| Compuertas | 40,000 | 85.00 | 102.50 | 117.50 | 0.5% | 0.5% | 0.4% |
| Cuerpos | 15,000 | 14.67 | 22.67 | --- | 0.01% | 0.01% | -66- |
| Volantes | 10,000 | 10.20 | 12.50 | --- | 0.1% | 0.07% | --- |
| Bonetas | 15,000 | 10.33 | 11.33 | --- | 0.05% | 0.03% | --- |
| Tuercas de Vástago | 15,000 | 6.3 | 8.2 | --- | 0.05% | 0.05% | 0.06% |

Nota: Los cuadros en blanco, representan piezas que no son refacciones.

4.3 COSTOS FIJOS.

Los costos fijos representan aquellos que se tienen que saldar independientemente de que haya o no producción; a la vez, son aquellos que no repercuten directamente en los costos de producción. Sin embargo es necesario incluir en el costo de la válvula, un valor que represente cercanamente a los costos fijos (Luz, Teléfono, Rente, Mano de Obra, etc..) La dificultad de asignar un valor aproximado al costo de producción está en que éstos costos varían, incrementandose, cada determinado tiempo, de acuerdo al alza en el costo de la vida. Si la compañía tiene como proyecto el vender 300 válvulas (150 de 2" y 150 de 3"), como inicio, los costos fijos se prorratearan entre éste número y será ese el valor incrementando así el costo total. Se obtuvieron datos de gastos promedios de todos los factores que incluyen éste rubro en un lapso de 10 meses que es el periodo que dura el proyecto:

| | |
|----------------------|---------------------|
| 1) Renta Mensual: | \$ 370,000.00 |
| 2) Luz Mensual: | \$ 40,000.00 |
| 3) Teléfono Mensual: | \$ 57,000.00 |
| 4) Mano de Obra : | \$ 800,000.00 |
| TOTAL: | \$ 1,267,000.00 |
| x 10 meses | \$ 12,670,000.00 |
| entre 300 válvulas: | \$42,233.33 |

Por tanto, el costo total de la válvula incluyendo éstos costos será de:

| | |
|----------------|---------------|
| Válvula de 2": | \$ 296,831.33 |
| Válvula de 3" | \$ 444,218.33 |

4.4 INDICES DE PRECIOS, INFLACION Y TAZAS DE INTERES BANCARIAS VIGENTES DURANTE EL PERIODO DEL PROYECTO.

Para obtener el costo de financiamiento (o costo de oportunidad) del proyecto, fué necesario acudir a fuentes que proporcionaran datos sobre índices de precios de la industria metálica básica, en concreto, de la industria básica del hierro y del acero que corresponde a la rama número 46 de la clasificación que da el Banco de México para productos de consumo. De igual manera se obtuvieron datos sobre tasas de interés a plazo fijo vigentes durante el periodo del proyecto y se compararon con el porcentaje de inflación promedio a partir de los índices de precios. (Fuente: Carpeta de Indicadores económicos de la Dirección de Investigaciones Económicas del Banco de México).

| <u>INDICES DE PRECIOS</u> | <u>TAZAS DE INTERES.</u> |
|---------------------------|--------------------------|
| Feb. 86 1570.1 | 68.72% |
| Mar. 86 1586.6 | 68.72% |
| Abr. 86 1665.9 | 68.68% |
| May. 86 1824.6 | 68.19% |
| Jun. 86 1951.9 | 72.43% |
| Jul. 86 2097.6 | 79.32% |
| Ago. 86 2240.6 | 81.23% |
| Sep. 86 2331.6 | 87.57% |
| Oct. 86 2517.2 | 93.05% |
| Nov. 86 2651.7 | 93.25% |
| Dic. 86 2861.3 | 93.25% |
| Ene. 87 2976.6 | 93.25% |

La inflación en éste periodo fue de:

$$2976.6/1570.1 = 1.8958$$

$$= 89.58\% \text{ (acumulada).}$$

Su equivalente mensual promedio es de:

$$89.58/12 = 7.4650\%$$

La tasa promedio fue de 80.6367% anualizada cuyo equivalente mensual promedio fue de 6.7197%

Como vemos, el porcentaje inflacionario superó en 0.74% mensual promedio a la tasa de interés, por tanto tomaremos el dato inflacionario para obtener el costo de financiamiento del proyecto.

En cuanto al precio que dio la empresa a sus válvulas, se determinó éste en base, no a sus costos, sino al precio de la competencia. en función de éste precio se pudo proponer un precio mas bajo aunque no significativo con el propósito de que la diferencia no fuera notoriamente disparada, por otro lado fuéramos competitivos y la utilidad fuera un poco mayor que la que normalmente daría si tomáramos como referencia el costo.

Los precios son los siguientes:

Válvula de 2": \$ 822,054.00 x 150 = 123,308,100.00

Válvula de 3": \$ 1,361,183.00 x 150 = 204,177,525.00

A continuación, los flujos de efectivo efectuados durante el periodo del proyecto:

Flujos de Efectivo Mensual en cuanto a Actividades Realizadas.

| | | | | |
|------------|---------------------|---------|------------------|-------|
| <u>DIA</u> | <u>ACTIVIDADES:</u> | 1 | \$ 1,103,000.00 | |
| 0-30 | | 2 | \$ 227,000.00 | |
| | | 3 | \$ 12,200,000.00 | |
| | | 4 | \$ 782,000.00 | |
| | | 5 | \$ 102,000.00 | |
| | | 26 | \$ 331,000.00 | |
| | Total: | | \$ 14,745,650.00 | (F1). |
| 30-60 | <u>ACTIVIDADES:</u> | 8 | \$ 3,322,950.00 | |
| | | 10 | \$ 4,132,500.00 | |
| | | 11 | \$ 3,952,500.00 | |
| | | 13 | \$ 8,409,000.00 | |
| | | 22 | \$ 27,000.00 | |
| | | 23 | \$ 37,500.00 | |
| | | 24 | \$ 30,000.00 | |
| | Total: | | \$ 19,911,450.00 | (F2). |
| 60-90 | <u>ACTIVIDADES:</u> | 6 | \$ 38,140,350.00 | |
| | Total: | | \$ 38,140,350.00 | (F3). |
| 90-120 | <u>ACTIVIDADES:</u> | 7 | \$ 18,105,600.00 | |
| | | 9 | \$ 5,555,100.00 | |
| | Total: | | \$ 23,660,700.00 | (F4) |
| 120-150 | <u>ACTIVIDADES:</u> | NO HAY. | | |
| 150-180 | <u>ACTIVIDADES:</u> | 12 | \$ 270,000.00 | |
| | | 14 | \$ 5,250,000.00 | |
| | | 15 | \$ 141,000.00 | |
| | | 16 | \$ 2,821,000.00 | |
| | | 19 | \$ 1,200,000.00 | |

Cont..

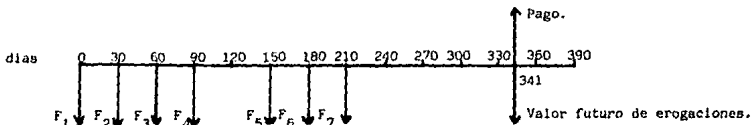
(179)

| | | | | |
|-----------------------|---------------------|----|-------------------|-------|
| | | 25 | \$ 45,000.00 | |
| | | 28 | \$ 88,500.00 | |
| | Total: | | \$ 9,815,700.00 | (F5). |
| 180-210 | <u>ACTIVIDADES:</u> | 17 | \$ 1,681,200.00 | |
| | | 18 | \$ 12,642,000.00 | |
| | | 20 | \$ 300,000.00 | |
| | | 21 | \$ 267,300.00 | |
| | | 29 | \$ 1,350,000.00 | |
| | | 30 | ----- | |
| | Total: | | \$ 16,240,500.00 | (F6). |
| 210-240 | <u>ACTIVIDADES:</u> | 27 | \$ 82,800.00 | |
| | | 31 | \$ 180,000.00 | |
| | | 32 | ----- | |
| | Total: | | \$ 262,000.00 | (F7). |
| 240-270 | <u>ACTIVIDADES:</u> | 33 | ----- | |
| | | 34 | ----- | |
| | | 35 | ----- | |
| | Total: | | ----- | |
| 270-341 | ACTIVIDADES: | | NO HAY. | |
| TOTAL DE EROGACIONES: | | | \$ 122,777,150.00 | |

4.5 VALOR FUTURO DEL TOTAL DE EROGACIONES EFECTUADAS Y UTILIDAD DEL PROYECTO.

En base al porcentaje de inflación obtenido en el apartado de índices de precios, se pasarán las cantidades erogadas en el proyecto, a valor futuro al tiempo de término del mismo, de ésta manera sabremos cuanto se ganó en base a la inflación durante el periodo.

TIEMPO: 341 días ó 11.36 meses.



El correspondiente valor futuro está dado por la ecuación:

$$VF_x = P_{(Fx)}(1+i)^n$$

El total de valores futuros será por tanto la suma de "x" valores obtenidos.

Sea $i = 7.4650\%$ mensual promedio de inflación (89.58% anualizado promedio).

Por lo tanto, tenemos que,

$$F_1 = 14,745(1.0746)^{11.36}$$

$$F_1 = 33,390,888.93$$

$$F_2 = 19,911,450(1.0746)^{10.36}$$

$$F_2 = 41,958,515.17$$

$$F_3 = 38,140,350(1.0746)^{9.36}$$

$$F_3 = 74,791,985.26$$

$$F_4 = 23,660,700(1.0746)^{8.36}$$

$$F_4 = 43,176,868.40$$

$$F_5 = 9,815,700(1.0746)^{6.36}$$

$$F_5 = 15,511,405.63$$

$$F_6 = 16,240,500(1.0746)^{5.36}$$

$$F_6 = 23,882,645.82$$

$$F_7 = 262,000(1.0746)^{4.36}$$

$$F_7 = 359,634.68.$$

(181)

Total de sumas de Flujos = \$ 233,071,943.90

PRECIO DE VALVULA DE 2" = \$822,054.00 x 150 = \$ 123,308,100.00 *

PRECIO DE VALVULA DE 3" = \$1,361,183.00 x 150 = \$ 204,177,525.00 *

\$ 123,308,100.00

+ \$ 204,177,525.00

\$ 327,485,625.00

Utilidad Real de acuerdo a la Inflación:

\$ 327,485,625.00

- \$ 233,071,943.90

\$ 94,413,682.10 #.

Finalmente, concluiremos haciendo una lista de los proveedores y maquiladores propuestos para la fabricación de las partes de la válvula:

PROVEEDOR O MAQUILADOR.

Fundición de Precisión Eutectic, S.A. de C.V.

(Puebla, Pue.)

FUNOSA (Xilotepec, Edo. de México.)

Maquinados Técnicos Computados, S.A.

(Monterrey, Nuevo León)

Forja Nacional (Monterrey, Nuevo León)

Ingeniería y Máquinaria Universal.

(Monterrey, Nuevo, León)

Sodi y Asociados, S.A. (México, D.F.)

Instituto Mexicano de Investigaciones

Siderúrgicas (IMIS, Saltillo, Coahuila)

PIEZA(S) ENCARGADAS.

Fundición de Cuerpo Superior, Bonetes, Cuerpo Inferior y Tuercas de Vástago.

Fundición de Volantes.

Maquinados de Cuerpos Superiores, Inferiores, Bonetes, Tuerca de vástago, compuertas, anillos de empaque y baleros.

Forja de Compuertas y Pernos del cuerpo.

Maquinados de Extremos Roscados y Platos de Desgaste.

Moldeado de Empaques de Compuerta, empaques de vástago y O-Rings.

Asesoría Técnica

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

De acuerdo con lo hasta aquí expuesto, se puede comprobar que existe en México, infraestructura industrial suficiente y sobrada para realizar cualquier tipo de pieza por compleja que ésta sea con una calidad tanto en materia prima como en maquinados y acabados, muy competitivos con los productos equivalentes ofrecidos por proveedores extranjeros.

La válvula Flex-Seal hecha en México ha dado resultados muy buenos en el campo petrolero Mexicano y ha sido preferida por el cliente paulatinamente, lo cual la ha hecho ganar terreno en el mercado nacional y en un futuro próximo en mercados internacionales para exportación a otros países.

Hasta la fecha, se ha logrado integrar un directorio de proveedores y fabricantes de las distintas piezas de la válvula, cuyos estándares de calidad elevados han dado lugar a una mayor facilidad para el ensamble de la válvula y con posibilidades de error mínimas. En un principio se tuvieron errores pequeños que repercutieron en tener que retocar muchas veces algunas piezas de la válvula para que ésta funcionara correctamente y no tuviera fugas; sin embargo, de éstos errores se fué aprendiendo a la vez que los planos mismos se fueron afinando cada vez mas hasta tenerlos lo mas fiel y claros posibles.

Por otro lado, la situación mundial actual del petroleo ha dado lugar a cambiar las perspectivas de fabricación que se tenían cuando se inició el proyecto en sí, la baja repentina del precio del crudo, en 1986, dio lugar a que muchos equipos de perforación, cerraran.

La subvaluación del petróleo que debida al no respeto de las cuotas de producción impuestas a los países miembros de la OPEP, provocando una sobre oferta de los productos del crudo, lo que hizo que perdieran competitividad los países no miembros, teniendo en consecuencia que abaratar su petróleo y perdiendo, de ésta manera, muchos ingresos y entradas de divisas al país.

La consecuencia inmediata de cerrar equipos, hizo por lo tanto, que el número

(184)

de válvulas que se tenían contempladas a venderse para consumo nacional, disminuyera notablemente. Sin embargo, se propone el sustituir las mermas en las ventas con un incremento en la fabricación de piezas de refaccionamiento para las válvulas actualmente en uso en los distintos equipos y al mismo tiempo el dar el mantenimiento respectivo como un servicio adicional.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) THE PETROLEUM INDUSTRY, AN OVERVIEW.
J. thomas Morse, Robert e. Holl.
1981

- 2) LECCIONES SOBRE PERFORACION ROTATORIA.
Unidad II, Lección 3
"Perforando un Agujero Recto"
Subdirección de Capacitación del IMP.
1977

- 3) LECCIONES SOBRE PERFORACION ROTATORIA.
Unidad I, Lección 5
"Las Herramientas Elevadoras"
Subdirección de Capacitación del IMP.
1976

- 4) LECCIONES SOBRE PERFORACION ROTATORIA.
Unidad I, Lección 5
"La columna de Perforación"
Subdirección de Capacitación del IMP.
1977

- 5) INVESTEMENT CASTING HANDBOOK
Joseph Batt & Walter A. Dubovnick
Investment Casting Institute.
Chicago, Illinois.
1968

- 6) THE BASIC PETROLEUM COURSE.
National drilling equipment. N.D.E. Training and Development.
Don A. Gorman & Jerry W. Meyer.
Action Systems Inc.
Houston, Texas.
1986
- 7) CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD.
Eugene L. Grant
Richard S. Leavenworth
Editorial CECSA.
Septima Impresión
1984
- 8) Catálogos de Proveedores.

A N E X O S

ANEXO I

Relación de Materiales para la Fabricación de las Piezas de la válvula:

| <u>PIEZA.</u> | <u>MATERIAL.</u> |
|------------------------------|-----------------------------|
| Cuerpo Superior | ASTM-A-487 GR. 4N. |
| Cuerpo Inferior | ASTM-A-487 GR. 4N. |
| Compuerta | AISI 4130 Niquel Plata. |
| Partes de Hule | Neopreno Buna Nitrilo. |
| Pernos del Cuerpo | ASTM-A-193 GR. B7 |
| Platos de Desgaste | AISI 1018-1026 carburizado. |
| Volantes | ASTM-A-47 GR. 32510. |
| Extremos Roscados ó Bridados | AISI 1018-1026 |
| Tuercas de Capuchón | ASTM-A-194 GR. 2H. |
| Anillo de Empaque | AISI 4140 R. |
| Bonete | ASTM-A-487 GR. 4N |
| Tuerca de Vástago | AISI 1045 ó 12L14 |
| Taza para Balero | AISI 1018-1026 T. |
| Cubierta para Balero | AISI 1018-1026 R. |

TRATAMIENTOS TERMICOS A METALES

El normalizado se recomienda como un tratamiento térmico después de la forja, con el fin de reducir el tamaño del grano y obtener una estructura molecular más uniforme.

Este tratamiento elimina también las tensiones internas concentradas - que hayan podido producirse durante la forja.

RECOCIDO

Es necesario recocer los aceros para lograr:

- (1) Óptimos resultados al mecanizarlos
- (2) Control y uniformidad de su dureza
- (3) Mayor rendimiento y mejor servicio
- (4) Eliminación de las tensiones internas

Las fabricas suministran siempre los aceros en estado recocido y si el usuario necesita endurecerlo o forjarlo, conviene aplicarle un tratamiento de recocido. Para prevenir la descarburización excesiva y asegurar una velocidad lenta de enfriamiento, el acero deberá colocarse en recipientes especiales que contengan un material adecuado. Tales materiales pueden ser : arena limpia a la que se le añade carbón (seis partes a una por volumen respectivamente), virutas de hierro fundido, carbón vegetal quemado. Conviene que estén libres de humedad y contaminación. Todos los aceros deben calentarse lentamente hasta su temperatura de recocido y mantenerse en ese punto de una a dos horas por cada pulgada de espesor máximo de la pieza, dejándose enfriar luego muy lentamente - dentro del horno . La velocidad de enfriamiento no debe exceder de 28°C (50°F) por hora hasta llegar alrededor de los 540°C (1000°F) para obtener los mejores resultados.

Las temperaturas específicas de recocido para los varios tipos de aceros se indican más adelante en las páginas descriptivas individuales de - cada tipo.

TEMPLADO**CALENTAMIENTO PARA TEMPLADO**

Para templar cada acero se da una escala de temperatura debiendo utilizarse para mayor seguridad el límite mínimo para piezas pequeñas y el máximo para piezas mayores. Piezas pequeñas se consideran las que tienen hasta 1" de sección y piezas mayores de 2" y más.

A los aceros rápidos y a los aceros para trabajos en caliente se les da un rango de temperatura para aumentar sus propiedades cuando trabajan - al rojo, en cuyo caso conviene calentarlos sólo hasta el límite máximo de la escala. En cambio cuando se desea máxima tenacidad y resistencia al agrietamiento hay que calentarlos sólo hasta el límite mínimo. Si la pieza se calienta en baño de sales, la temperatura debe mantenerse en la mitad inferior del rango recomendado para cada acero.

REVENIDO

Herramientas y troqueles deben revenirse inmediatamente después de templados a una temperatura de 150°C (300°F) o algo más. Para esta operación recomendamos hornos con circulación de aire bien controlada. Si la pieza se reviene en un baño líquido, debe precalentarse a unos 40°C - (100°F). Por encima o por debajo de la temperatura del baño antes de la inmersión. Si se reviene en un baño de sales, la temperatura debe ser de ser de 5 a 10°C (10/20°F) menor que la usada para revenir en horno.

Tiempos largos de revenido dan como resultado óptima tenacidad y ductilidad para una dada dureza. Se recomienda que todos los aceros especiales se mantengan a la temperatura de revenido por lo menos 1 o 2 horas por pulgada de sección promedio y luego dejarlos enfriar en aire a temperatura ambiente.

Todos los aceros de alta aleación que se deban templar desde 980°C -- (1800°F) o más, particularmente los aceros rápidos y los de trabajos en caliente deberán revenirse dos veces. La pieza deberá dejarse enfriar a temperatura ambiente entre revenidos.

Instrucciones para revenir los distintos aceros Atlas se dan en las siguientes páginas donde se describe cada tipo detalladamente.

TENSIONES INTERNAS

En las herramientas pueden producirse tensiones internas antes del temple debido a operaciones en frío tales como: fresado, flexión, acuñación formado, enderezado, estampado profundo y mecanizado.

Estas tensiones contribuyen a incrementar la distorsión en el tratamiento térmico y deben eliminarse antes del temple. Esta operación se efectúa mediante calentamiento a 600/700°C (1100/1300°F) durante una hora por pulgada de sección y enfriado preferiblemente en mica, cenizas o cal. La eliminación de tensiones puede considerarse como un precalentamiento previo a la operación del temple.

ANALISIS QUIMICO ACEROS AL CARBONO

| A.I.S.I. No. | C | Mn | P Max. | S Max. | DESIGNACION S.A.E. |
|--------------|-----------|-----------|--------|--------|-----------------------|
| C 1010 | 0 80/0 13 | 0 30/0 60 | 0 040 | 0 050 | 1010 |
| C 1012 | 0 10/0 15 | 0 30/0 60 | 0 040 | 0 050 | — |
| C 1015 | 0 13/0 18 | 0 30/0 60 | 0 040 | 0 050 | 1015 |
| C 1016 | 0 13/0 18 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1016 |
| C 1017 | 0 15/0 20 | 0 30/0 60 | 0 040 | 0 050 | 1017 |
| C 1019 | 0 15/0 20 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 050 | 1019 |
| C 1020 | 0 18/0 23 | 0 30/0 60 | 0 010 | 0 050 | 1020 |
| C 1022 | 0 18/0 23 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 050 | 1022 |
| C 1023 | 0 20/0 25 | 0 30/0 60 | 0 040 | 0 050 | — |
| C 1024 | 0 19/0 25 | 1 35/1 65 | 0 040 | 0 050 | 1024 |
| C 1025 | 0 22/0 28 | 0 30/0 60 | 0 040 | 0 050 | 1025 |
| C 1026 | 0 22/0 28 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | — |
| C 1029 | 0 25/0 31 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | — |
| C 1030 | 0 28/0 34 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1030 |
| C 1031 | 0 27/0 34 | 1 35/1 65 | 0 040 | 0 050 | — |
| C 1035 | 0 32/0 38 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1035 |
| C 1040 | 0 37/0 44 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1040 |
| C 1042 | 0 40/0 47 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1042 |
| C 1043 | 0 40/0 47 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 050 | 1043 |
| C 1045 | 0 43/0 50 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1045 |
| C 1046 | 0 43/0 50 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 050 | 1046 |
| C 1049 | 0 48/0 53 | 0 80/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1049 |
| C 1050 | 0 48/0 55 | 0 80/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1050 |
| C 1053 | 0 48/0 55 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 050 | — |
| C 1055 | 0 50/0 60 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1055 |
| C 1080 | 0 55/0 65 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1080 |
| C 1085 | 0 60/0 70 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1085 |
| C 1070 | 0 65/0 75 | 0 60/0 90 | 0 040 | 0 050 | 1070 |

ACEROS DE MAQUINADO LIBRE

| | | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| C 1120 | 0 18/0 23 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 08/0 13 | 1120 |
| C 1126 | 0 23/0 29 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 08/0 13 | 1126 |
| C 1137 | 0 32/0 39 | 1 35/1 65 | 0 040 | 0 08/0 13 | 1137 |
| C 1141 | 0 37/0 45 | 1 35/1 65 | 0 040 | 0 08/0 13 | 1141 |
| C 1145 | 0 42/0 49 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 04/0 07 | 1145 |
| C 1148 | 0 45/0 52 | 0 70/1 00 | 0 040 | 0 04/0 07 | — |
| C 1211 | 0 13 MAX | 0 60/0 90 | 0 07/0 12 | 0 10/0 15 | 1211 |
| C 1212 | 0 13 MAX | 0 70/1 00 | 0 07/0 12 | 0 18/0 23 | 1212 |
| C 1213 | 0 13 MAX | 0 70/1 00 | 0 07/0 12 | 0 24/0 33 | 1213 |
| C 12L14* | 0 13 MAX | 0 85/1 15 | 0 04/0 09 | 0 28/0 35 | 12L14 |

* Cuando el plomo es requerido como elemento adicional, de 0.15 - 0.35 % es agregado. Dicho acero se identifica insertando la letra "L" entre el segundo y tercer dígitos de la designación.

NOTAS

NOTA 1. Los grados precedidos por la letra E generalmente son producidos bajo el proceso básico de hornos de arco eléctrico. Todos los demás normalmente se fabrican en proceso básico de hornos de hogar abierto, si bien también pueden producirse en proceso básico de hornos de arco eléctrico ajustando el contenido de fósforo y azufre.

NOTA 2. Los límites de fósforo y azufre para cada proceso son los siguientes:

Básico en Hornos de Arco Eléctrico - 0.025 % máximo
Básico en Hornos de Hogar Abierto - 0.04 % máximo
Acido en Hornos de Arco Eléctrico - 0.05 % máximo
Acido en Hornos de Hogar Abierto - 0.05 % máximo

NOTA 3. El límite mínimo de silicio para los procesos ácidos en hornos de hogar abierto y en hornos de arco eléctrico en aceros aliados es 0.15 %.

NOTA 4. Pequeñas cantidades de ciertos elementos podrán estar presentes en los aceros aliados o que sean requeridos específicamente. Estos elementos se consideran como incidentales y podrán estar presentes de conformidad a los siguientes máximos: Cobalto, 0.35 %; Níquel, 0.25 %; Cromo, 0.20 %; Molibdeno, 0.06 %.

NOTA 5. Cuando se especifican mínimos y máximos de contenido de azufre, esto es indicativo que se trata de aceros resultantes.

ANALISIS QUIMICO

ACEROS AL MANGANESO

| NUMERO AISI | C | Mn | P' | S | Si | Ni | Cr | Mo |
|-------------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| 1320 | 0.18/0.22 | 1.60/1.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | ----- |
| 1321 | 0.17/0.22 | 1.80/2.10 | 0.050 | 0.050 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | ----- |
| 1330 | 0.28/0.33 | 1.60/1.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | ----- |
| 1335 | 0.33/0.38 | 1.60/1.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | ----- |
| 1340 | 0.38/0.43 | 1.60/1.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | ----- |
| 1345 | 0.43/0.48 | 1.60/1.90 | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

ACEROS AL NIQUEL

| | | | | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|-------|-------|
| 2317 | 0.15/0.20 | 0.40/0.60 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 3.25/3.75 | ----- | ----- |
| 2330 | 0.28/0.33 | 0.60/0.80 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 3.25/3.75 | ----- | ----- |
| 2335 | 0.33/0.38 | 0.60/0.80 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 3.25/3.75 | ----- | ----- |
| 2340 | 0.38/0.43 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 3.25/3.75 | ----- | ----- |
| 2345 | 0.43/0.48 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 3.25/3.75 | ----- | ----- |
| E 2512 | 0.09/0.14 | 0.45/0.60 | 0.025 | 0.025 | 0.20/0.35 | 4.75/5.25 | ----- | ----- |
| 2515 | 0.12/0.17 | 0.40/0.60 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 4.75/5.25 | ----- | ----- |
| E 2517 | 0.15/0.20 | 0.45/0.60 | 0.025 | 0.025 | 0.20/0.35 | 4.75/5.25 | ----- | ----- |

ACEROS AL NIQUEL - CROMO

| | | | | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 3115 | 0.13/0.18 | 0.40/0.60 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 1.10/1.40 | 0.55/0.75 | ----- |
| 3120 | 0.17/0.22 | 0.60/0.80 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 1.10/1.40 | 0.55/0.75 | ----- |
| 3130 | 0.28/0.33 | 0.60/0.80 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 1.10/1.40 | 0.55/0.75 | ----- |
| 3135 | 0.33/0.38 | 0.60/0.80 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 1.10/1.40 | 0.55/0.75 | ----- |
| 3140 | 0.38/0.43 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 1.10/1.40 | 0.55/0.75 | ----- |
| 3141 | 0.38/0.43 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 1.10/1.40 | 0.70/0.90 | ----- |
| 3145 | 0.43/0.48 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 1.10/1.40 | 0.70/0.90 | ----- |
| 3150 | 0.48/0.53 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | 1.10/1.40 | 0.70/0.90 | ----- |
| E 3310 | 0.08/0.13 | 0.45/0.60 | 0.025 | 0.025 | 0.20/0.35 | 3.25/3.75 | 1.40/1.75 | ----- |
| E 3316 | 0.14/0.19 | 0.45/0.60 | 0.025 | 0.025 | 0.20/0.35 | 3.25/3.75 | 1.40/1.75 | ----- |

ACEROS AL MOLIBDENO

| | | | | | | | | |
|------|-----------|-----------|-------|-------------|-----------|-------|-------|-----------|
| 4017 | 0.15/0.20 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4073 | 0.20/0.25 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4074 | 0.20/0.25 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.035/0.050 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4077 | 0.25/0.30 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4028 | 0.25/0.30 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.035/0.050 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4037 | 0.30/0.35 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4037 | 0.35/0.40 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4042 | 0.40/0.45 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4047 | 0.45/0.50 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4053 | 0.50/0.56 | 0.75/1.00 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4063 | 0.60/0.67 | 0.75/1.00 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |
| 4068 | 0.63/0.70 | 0.75/1.00 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | ----- | 0.20/0.30 |

ACEROS AL CROMO-MOLIBDENO

| | | | | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-----------|-----------|
| E 4130 | 0.28/0.33 | 0.40/0.60 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | 0.80/1.10 | 0.15/0.25 |
| E 4137 | 0.30/0.35 | 0.40/0.60 | 0.025 | 0.025 | 0.20/0.35 | ----- | 0.80/1.10 | 0.18/0.25 |
| E 4135 | 0.33/0.38 | 0.70/0.90 | 0.025 | 0.025 | 0.20/0.35 | ----- | 0.80/1.10 | 0.18/0.25 |
| E 4137 | 0.35/0.40 | 0.70/0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | 0.60/1.10 | 0.15/0.25 |
| E 4137 | 0.35/0.40 | 0.70/0.90 | 0.025 | 0.025 | 0.20/0.35 | ----- | 0.80/1.10 | 0.18/0.25 |
| 4140 | 0.38/0.43 | 0.75/1.00 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | 0.80/1.10 | 0.15/0.25 |
| 4142 | 0.40/0.45 | 0.75/1.00 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | 0.80/1.10 | 0.15/0.25 |
| 4145 | 0.43/0.48 | 0.75/1.00 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | 0.80/1.10 | 0.15/0.25 |
| 4147 | 0.45/0.50 | 0.75/1.00 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | 0.80/1.10 | 0.15/0.25 |
| 4150 | 0.48/0.53 | 0.75/1.00 | 0.040 | 0.040 | 0.20/0.35 | ----- | 0.60/1.10 | 0.15/0.25 |

TABLA DE CONVERSION

| FRACCION DE PULGADA | MILESIMAS DE PULGADA | MM. | FRACCION DE PULGADA | MILESIMAS DE PULGADA | MM. |
|---------------------|----------------------|----------|---------------------|----------------------|----------|
| 1/64.... | .015625 | 0.39688 | 33/64.... | .515625 | 13.09690 |
| 1/32.... | .03125 | 0.79375 | 17/32.... | .53125 | 13.49378 |
| 3/64.... | .046875 | 1.19063 | 35/64.... | .546875 | 13.89065 |
| 1/16.... | .0625 | 1.58750 | 9/16.... | .5625 | 14.28753 |
| 5/64.... | .078125 | 1.98438 | 37/64.... | .578125 | 14.68440 |
| 3/32.... | .09375 | 2.38125 | 19/32.... | .59375 | 15.08128 |
| 7/64.... | .109375 | 2.77813 | 39/64.... | .609375 | 15.47816 |
| 1/8.... | .125 | 3.17501 | 5/8.... | .625 | 15.87503 |
| 9/64.... | .140625 | 3.57188 | 41/64.... | .640625 | 16.27191 |
| 5/32.... | .15625 | 3.96876 | 21/32.... | .65625 | 16.66878 |
| 11/64.... | .171875 | 4.36563 | 43/64.... | .671875 | 17.06566 |
| 3/16.... | .1875 | 4.76251 | 11/16.... | .6875 | 17.46253 |
| 13/64.... | .203125 | 5.15939 | 45/64.... | .703125 | 17.85941 |
| 7/32.... | .21875 | 5.55626 | 23/32.... | .71875 | 18.25629 |
| 15/64.... | .234375 | 5.95314 | 47/64.... | .734375 | 18.65316 |
| 1/4.... | .25 | 6.35001 | 3/4.... | .75 | 19.05004 |
| 17/64.... | .265625 | 6.74689 | 49/64.... | .765625 | 19.44691 |
| 9/32.... | .28125 | 7.14376 | 25/32.... | .78125 | 19.84379 |
| 19/64.... | .296875 | 7.54064 | 51/64.... | .796875 | 20.24067 |
| 5/16.... | .3125 | 7.93752 | 13/16.... | .8125 | 20.63754 |
| 21/64.... | .328125 | 8.33439 | 53/64.... | .828125 | 21.03442 |
| 11/32.... | .34375 | 8.73127 | 27/32.... | .84375 | 21.43129 |
| 23/64.... | .359375 | 9.12814 | 55/64.... | .859375 | 21.82817 |
| 3/8.... | .375 | 9.52502 | 7/8.... | .875 | 22.22501 |
| 25/64.... | .390625 | 9.92189 | 57/64.... | .890625 | 22.62192 |
| 13/32.... | .40625 | 10.31877 | 29/32.... | .90625 | 23.01880 |
| 27/64.... | .421875 | 10.71565 | 59/64.... | .921875 | 23.41567 |
| 7/16.... | .4375 | 11.11252 | 15/16.... | .9375 | 23.81255 |
| 29/64.... | .453125 | 11.50940 | 61/64.... | .953125 | 24.20942 |
| 15/32.... | .46875 | 11.90627 | 31/32.... | .96875 | 24.60630 |
| 31/64.... | .484375 | 12.30315 | 63/64.... | .984375 | 25.00318 |
| 1/2.... | .5 | 12.70003 | 1.... | 1. | 25.40005 |

ANEXO III.

HOJA DE REGISTRO PARA EL GRAFICO \bar{X} y R

PLANTA

NOMBRE DE LA PZA. _____

MAX.

CARACTERISTICA MEDIDA _____

LIM. EFEC.

MIN.

UNIDAD DE MEDIDAD 0.001 POR ENCIMA DE

| SERIE No | FECHA PROD. | VALOR DE C/U DE LOS CIRCOS ELEMENTOS DE LA SERIE | | | | | \bar{X} DE LOS EL. | R AM.de LOS EL | OBSERVACIONES |
|-------------|----------------|---|---|---|---|---|-------------------------|----------------------|---------------|
| | | A | B | C | D | E | | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |

$\bar{X} =$ $A_2 \bar{R} =$ $UCL - X =$ $=$
 $\bar{R} =$ $D_4 \bar{R} =$ $LCL - X =$ $=$
 $\sigma' = \frac{\bar{R}}{d_2} =$ $=$ $UCL - R =$ $=$
 $LCL \bar{R} = 0$