

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
HIDROSTÁTICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS PARA
TUBERÍA DE AGUA EN HIERRO GRIS**

**JAVIER ENRIQUE GARZÓN SAAVEDRA
NOHEMY GÓMEZ CASICOTE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2008

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
HIDROSTÁTICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS PARA
TUBERÍA DE AGUA EN HIERRO GRIS**

**JAVIER ENRIQUE GARZÓN SAAVEDRA
NOHEMY GÓMEZ CASICOTE**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
NESTOR RAUL D'CROZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2008

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas más importantes en mi vida como los son mis padres quienes me han dado todo el cariño y apoyo que se quisiera tener en la vida.

A mis hermanos que siempre me han acompañado en mis decisiones.

A mis tíos quienes por su apoyo y buen ejemplo me han enseñado a triunfar en la vida.

A mis amigos y profesores que me han enseñado muchos valores y me han orientado en esta etapa de la vida.

Javier Garzón Saavedra

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis sinceros y espontáneos agradecimientos a las personas, que se nombrarán a continuación y a todas aquellas que de una u otra manera me brindaron su apoyo en la realización del presente trabajo de grado.

A Dios, por darme la oportunidad de tener personas tan valiosa a mi lado y brindarme una guía en cada uno de mis pasos.

Al Ingeniero y profesor Néstor D´croz, Director del proyecto, por sus valiosos aportes y sugerencias.

Al Señor Jairo Pinzón Gerente general de la empresa IDEA LTDA., Por brindarme amistosamente la confianza para desarrollar este proyecto y las herramientas necesarias para elaborar mí trabajo dentro de la empresa.

A la Empresa IDEA LTDA y todos sus colaboradores y realizadores, por abrirme las puertas y prestarme siempre toda la colaboración, orientación y amistad necesaria para el desarrollo del proyecto.

Al cuerpo docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica por ser la fuente de mi formación profesional y la base de mi autocrítica.

A mis compañeros, los que me alentaron siempre a salir adelante.

Los autores

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES	4
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	6
2. PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN TUBERÍA	7
2.1 GENERALIDADES PARA UNA PRUEBA HIDROSTÁTICA	7
2.1.1 Introducción	7
2.1.2 Características generales para una prueba hidrostática	8
2.1.3 Normatividad Aplicable a las pruebas hidrostáticas	9
2.2 PARÁMETROS PARA FUNCIONAMIENTO DE ACCESORIOS DE HIERRO GRIS EN TUBERÍA	10
2.2.1 Introducción a los accesorios para tubería en hierro gris	10
2.2.2 Pruebas a realizar en el banco de pruebas hidrostáticas	11
2.3 BANCO DE PRUEBAS	11
2.3.1 Elementos requeridos para un banco de pruebas	11
2.3.2 Bancos de pruebas hidrostáticas. Estado del arte	14
3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS	16
3.1 PROCESO DE DISEÑO	17
4. MODELAMIENTO FINAL Y SELECCIÓN DE MATERIALES	40
4.1 DESCRIPCIÓN PARTICULAR	41
4.1.1 Sistema estructural	41

4.1.2 Sistemas de sujeción mecánico y oleohidráulico	67
4.1.3 Sistema oleohidráulico de posicionamiento y sellado	97
4.1.4 Sistema hidráulico de presurización y despresurización	113
4.1.5 Sistema de control eléctrico	117
4.1.6 Tablero de control	119
5. CONSTRUCCIÓN ENSAMBLE Y MONTAJE DEL EQUIPO	
BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICO	120
5.1 DESCRIPCIÓN PARTICULAR	121
5.1.1 Sistema estructural	121
5.1.2 Sistemas de sujeción mecánico y oleohidráulico	126
6. PRUEBAS Y OPCIONES DE MEJORA	147
6.1 PRUEBAS Y ENSAYOS	147
6.1.1 Prueba del sistema hidráulico y oleohidráulico	147
6.1.2 Prueba del sistema de posicionamiento	148
6.2 PRUEBA HIDROSTÁTICA A ACCESORIOS	149
6.3 OPCIONES DE MEJORA	153
7. PRESUPUESTO	154
8. INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	161
9. CONCLUSIONES	162
BIBLIOGRAFÍA	164
ANEXOS	166

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Dimensiones y tolerancias de extremo plano de junta mecánica	21
Figura 2. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo codo a 90 grados	22
Figura 3. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo codo a 45 grados	23
Figura 4. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo codo a 11.25 grados	23
Figura 5. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo codo a 22.5 grados	24
Figura 6. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo reducción	25
Figura 7. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo tee	27
Figura 8. Figura esquemática parametrizada para accesorios tipo cruces	28
Figura 9. Modelo 1 para el sistema de taponamiento	29
Figura 10. Modelo 2 para el sistema de taponamiento	30
Figura 11. Modelo 3 para el sistema de taponamiento	30
Figura 12. Modelo 4 para el sistema de taponamiento	31
Figura 13 Diagrama del sistema hidráulico	34
Figura 14. Diagrama de alternativa para Sistema oleohidráulico 1	36

Figura 15. Diagrama del Sistema oleohidráulico 2	37
Figura 16. Diagrama de sistema eléctrico	39
Figura 17. Sistema modelado de soporte y sello de los accesorios a probar	40
Figura 18. Modelamiento del chasis	41
Figura 19. Diagrama de cuerpo libre para el elemento chasis	42
Figura 20. Análisis CAE de deformación del chasis	43
Figura 21. Análisis CAE de esfuerzo de chasis	44
Figura 22. Elemento modelado del tubo eje	45
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre para elemento tubo eje	45
Figura 24. Análisis CAE de deformación del tubo eje	46
Figura 25. Análisis CAE de esfuerzo del tubo eje	46
Figura 26. Modelamiento del conjunto soporte aros	48
Figura 27. Diagrama de cuerpo libre para elemento conjunto soporte aros	49
Figura 28. Análisis CAE de deformación del conjunto soporte aros	50
Figura 29. Análisis CAE de esfuerzo del conjunto soporte aros	51
Figura 30. Modelamiento Conjunto marco de apoyo	52
Figura 31. Diagrama de cuerpo libre para el elemento marco de apoyo en montaje tipo cruz de 12" x 12"	54
Figura 32 Análisis CAE de deformación de subconjunto marco apoyo	55
Figura 33. Análisis CAE de esfuerzo del subconjunto marco apoyo	55

Figura 34. Diagrama de cuerpo libre para elemento marco de apoyo en montaje codo a 90 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 70 psi	57
Figura 35. Análisis CAE de deformación subconjunto marco apoyo en montaje codo a 90 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 70 psi	57
Figura 36. Análisis CAE de esfuerzo del subconjunto marco apoyo en montaje codo a 90 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 70 psi	58
Figura 37. Diagrama de cuerpo libre para elemento marco de apoyo en montaje codo a 11.25 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 60 psi	60
Figura 38. Análisis CAE de deformación subconjunto marco apoyo en montaje codo a 11.25 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 60 psi	60
Figura 39. Análisis CAE de esfuerzo del subconjunto marco apoyo en montaje codo a 11.25 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 60 psi	61
Figura 40. Diagrama de cuerpo libre para elemento marco de apoyo en montaje reducción de diámetro nominal mayor de 12" a presión de prueba hidráulica de 90 psi	63
Figura 41. Análisis CAE de deformación subconjunto marco apoyo en montaje reducción de diámetro nominal mayor 12" a presión de prueba hidráulica de 90 psi	63
Figura 42 Análisis CAE de esfuerzo del subconjunto marco apoyo en montaje reducción de diámetro nominal mayor 12" a presión de prueba hidráulica de 90 psi	64
Figura 43. Modelamiento de Tornillo de potencia	68
Figura 44. Diagrama de cuerpo libre para el elemento tonillo de potencia	68

Figura 45. Parámetros de maquinado para una rosca ACME americana	73
Figura 46. Elemento denominado tuerca de potencia modelado	74
Figura 47. Diagrama de cuerpo libre para elemento denominado tuerca de potencia	74
Figura 48. Conjunto de elementos abrazadera tipo tornillo ensamblado	76
Figura 49. Conjunto de elementos abrazadera tipo actuadores oleohidráulicos	77
Figura 50. Diagrama de cuerpo libre para elemento interior tipo brida en montaje	78
Figura 51. Análisis CAE de deformación para elemento interior tipo brida en montaje	78
Figura 52 Análisis CAE de esfuerzo para elemento interior tipo brida en montaje	79
Figura 53. Diagrama de cuerpo libre para elemento interior tipo brida cilindro hidráulico en montaje	80
Figura 54. Análisis CAE de deformación para elemento interior tipo brida cilindro hidráulico en montaje	81
Figura 55. Análisis CAE de esfuerzo para elemento interior tipo brida cilindro hidráulico en montaje	81
Figura 56. Diagrama de cuerpo libre para elemento exterior tipo brida cilindro hidráulica en montaje	83
Figura 57. Análisis CAE de deformación para elemento exterior tipo brida cilindro hidráulico en montaje	83
Figura 58. Análisis CAE de esfuerzo para elemento exterior tipo brida cilindro hidráulico en montaje	84

Figura 59. Modelamiento de tapón alimentador	85
Figura 60. Diagrama de cuerpo libre para elemento tapón alimentador	87
Figura 61. Análisis CAE de deformación de tapón alimentador	88
Figura 62. Análisis CAE de esfuerzo de tapón alimentador	88
Figura 63. Modelamiento de tapón ciego	89
Figura 64. Diagrama de cuerpo libre para elemento tapón alimentador	90
Figura 65. Análisis CAE de deformación de tapón alimentador	90
Figura 66. Análisis CAE de esfuerzo de tapón alimentador	91
Figura 67. Montaje de accesorio tipo reducción con válvula de desaire alineada horizontalmente	92
Figura 68. Montaje de accesorio tipo codo a 45 grados de 8" con válvula de desaire desalineada y línea indicadora de nivel de llenado de agua y bolsa de aire	92
Figura 69. Montaje de accesorio tipo codo a 45 grados de 8" con nivel de desaire horizontal	93
Figura 70. Principales elementos del dispositivo de posicionamiento manual y grafica	95
Figura 71. Ubicación del centro de masa del subconjunto marco de apoyo y demás dispositivos de sujeción	96
Figura 72. Diagrama del sistema oleohidráulico	97
Figura 73. Bomba de paletas del sistema oleohidráulico	102
Figura 74. Conjunto bomba motor sistema oleohidráulico	104
Figura 75. Válvula direccional del sistema oleohidráulico	105

Figura 76. Válvula limitadora de presión	106
Figura 77. Válvula antirretorno	108
Figura 78. Conjunto de válvula de seguridad y antirretorno que forman válvula de secuencia	108
Figura 79. Conjunto de manómetros del sistema oleohidráulico	109
Figura 80. Diseño del tanque de aceite	112
Figura 81. Diseño del tanque de agua	116
Figura 82. Diagrama final del sistema hidráulico	116
Figura 83. Diagrama del diseño del circuito eléctrico instalado	118
Figura 84. Diseño del tablero de control en la sección de controles del sistema oleohidráulico	119
Figura 85. Vista general del equipo terminado conformado por tablero de control y sistema de sujeción y posicionamiento en estado operativo	120
Figura 86. Fabricación del elemento chasis en diferentes etapas del proceso	121
Figura 87. Fabricación y montaje de elemento tubo eje	123
Figura 88. Detalle de fabricación de brazo palanca de tubo eje	123
Figura 89. Chumaceras en proceso de fabricación	124
Figura 90. Fabricación del conjunto soporte aros	126
Figura 91. Elemento Tornillo de potencia y tuerca terminado y en posición de trabajo	127
Figura 92. Elementos tipo brida en fabricación	129
Figura 93. Elemento tipo brida en montaje con detalle de las tuercas tipo manija	130

Figura 94. Modelo en madera para moldeo en arena de tapón alimentador	131
Figura 95. Modelo en madera para moldeo en arena de tapón ciego	131
Figura 96. Momento de colada para tapones	132
Figura 97. Tapón tipo alimentador terminado y listo para montaje con detalle de fijación de válvulas para operación de prueba	133
Figura 98. Tapón ciego listo para montaje con detalle de empaques pegados para mejorar el sello con el accesorio	134
Figura 99. Principales elementos del dispositivo de posicionamiento manual terminado	134
Figura 100. Sección de válvulas del sistema oleohidráulico	136
Figura 101. Cilindro oleohidráulico remanufacturado en posición de trabajo vertical	137
Figura 102. Conjunto tanque ensamblado y en posición de trabajo	141
Figura 103. Conjunto de sistema hidráulico de tanque, bomba, motor, manómetro y válvula reguladora de caudal	142
Figura 104. Tablero de control en etapa de fabricación	144
Figura 105. Detalle de los refuerzos a la lamina alfajor con canal tipo U	145
Figura 106. Tablero de control terminado	146
Figura 107. Prueba a accesorio tipo Reducción 6" X 4"	150
Figura 108. Presiones de trabajo de los sistemas hidráulicos y oleohidráulicos para la prueba de accesorio tipo reducción de 6" X 4"	150
Figura 109. Prueba accesorio tipo codo a 90 grados de 4"	151
Figura 110. Presión de trabajo en el sistema hidráulico y del sistema oleohidráulico para la prueba de un accesorio tipo codo a 90 grados de 4"	151

Figura 111. Prueba accesorio tipo cruz de 8" X 6" 152

Figura 112. Presión de trabajo en el sistema hidráulico y del sistema oleohidráulico para la prueba de un accesorio tipo cruz de 8" X 6" 152

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Dimensiones y tolerancias de extremo plano de junta mecánica fabricadas por IDEA Ltda	21
Cuadro 2. Codos extremos lisos pvc a 90 grados	22
Cuadro 3. Codos extremos lisos PVC a 11.25 grados	23
Cuadro 4. Codos extremos lisos PVC a 22.5 grados	24
Cuadro 5. Reducciones extremos lisos PVC	25
Cuadro 6. Cruces extremo liso PVC	27
Cuadro 7. Graduación de sistema Oleohidráulico y sistema hidráulico	65
Cuadro 8. Costo detallado para cada sistema	154
Cuadro 9. Costo total de cada sistema y de proyecto	160

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Norma ASTM designation E 1003-95 Reapproved 2000	167
Anexo B. Carta de aceptación del equipo de pruebas hidrostático parte de la empresa industrial de accesorios limitada IDEA LTDA	178
Anexo C. Fichas técnicas de accesorios del sistema hidráulico	180
Anexo D. Fichas técnicas de accesorios del sistema oleohidráulico	185
Anexo E. Características físicoquímicas de la fundición de hierro gris producido en la fabrica de la empresa IDEA LTDA	192
Anexo F. Proceso de elaboración de accesorios de tubería por Industrial de Accesorios Ltda. IDEA LTDA	194
Anexo G. Planos	201
Anexo H. Instructivo de operación	221

GLOSARIO

ACOPLE: se define como acople bajo la norma NTC 2587 a toda pieza fundida diferente de un tubo que permite la derivación de la tubería y el cambio de dirección o diámetro interno.

ACCESORIO: bajo la norma NTC 2346 se considera como accesorios a todos los acoples descritos en dicha norma.

DUCTO: canal generalmente cubierto que sirve para dar paso y salida a diferentes materias.

PRUEBA HIDROSTÁTICA: acción o medio para comprobar la hermeticidad de un elemento o conjunto de elementos.

VENTEO: abertura hecha para que pase el viento.

LLENADO: acción de ocupar un cuerpo con otro elemento.

DESAGÜE: acción de sacar el agua de un sitio.

MOLDEADO: Acción de moldear, de dar cuerpo o forma a otra cosa a partir de una matriz.

SOBREDIMENSIONAMIENTO: exceder o aumentar la dimensión de algo.

NEOLITE: Material sintético utilizado para fabricación de sellos, suelas, empaquetaduras etc..

HR: Tipo de acero denominado así por sus siglas en ingles hot roll y que traduce laminado en caliente.

CR: Tipo de acero denominado así por sus siglas en ingles cold roll y que traduce laminado en frio.

RESUMEN

TÍTULO:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS PARA TUBERÍA DE AGUA EN HIERRO GRIS.*

AUTORES:
Javier Enrique Garzón Saavedra.
Noemí Gómez Casicote.**

PALABRAS CLAVES:
Prueba, Hidrostática, accesorios, acoples.

DESCRIPCIÓN:
El objetivo de este proyecto es dotar a la empresa Industrial de Accesorios Ltda. IDEA LTDA. de un banco de pruebas hidrostático para verificar la hermeticidad de accesorios para tubería en PVC fabricados en hierro gris de diámetros nominal de 2” a 12” y que cumpla con la normatividad nacional e internacional aplicable.

El estudio se inicia con la recopilación de la normatividad aplicable a este tipo de pruebas a nivel nacional e internacional siendo las seleccionadas por los autores las siguientes: Norma Técnica Colombiana NTC 2346, NTC 2587 y norma internacional ASTM E 1003 – 95 reprobada 2000.

Luego se generaron varias alternativas para diseñar el equipo que permitiera realizar la prueba de hermeticidad a los accesorios, de estas se selecciona la mas viable por facilidad de fabricación y por costo de producción. En el diseño fueron utilizados modelos matemáticos de ingeniería y herramientas CAD Solid edge V12 y CAE Ansys Workbench 8.1. El equipo resultante consta de una serie de sistemas como estructural, hidráulico, oleohidráulico, eléctrico y un tablero de control.

Además se edito un manual de mantenimiento y operación del equipo donde se describen los procedimientos para realizar la prueba hidrostática de cada uno de los productos considerados a probar desde el inicio del proyecto.

El resultado es un equipo de fácil manejo que permite verificar la hermeticidad de los accesorios para tubería en PVC fabricados en hierro gris de diámetros nominal de 2 a 12” y presiones de prueba de hasta 250 PSI.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Néstor Raúl D’cruz.

SUMMARY

TITLE

DESIGN AND MANUFACTURING OF HYDROSTATIC TESTING EQUIPMENT TO VERIFY LEAKS IN ACCESSORIES FOR WATER PIPES OF CAST IRON*

AUTHORS:

Javier Enrique Garzón Saavedra.

Noemí Gómez Casicote.**

KEY WORDS:

Test, Hydrostatic, accessory, coupler.

DESCRIPTION:

The objective of this project is to equip the company Industrial de Accesorios Ltda. IDEA LTDA. of a hydrostatic proving stand to verify the air tightness of accessories for pipe in PVC made in nominal cast iron of diameters 2" to 12" and that it fulfills applicable national and international regulations.

The study begins with the compilation of the applicable regulations to this type of tests at national and international level, being selected by the authors the following ones: Practical standards Colombian NTC 2346, 2587 NTC and international norm ASTM and 1003 - 95 re-approved 2000.

Soon after, several alternatives were generated to design the equipment that allowed to make the test of air tightness to the accessories, of this selection it was selected the one that it is viable by ease of manufacturing and by cost of fabrication. In the design was utilized mathematical models of engineering and tools CAD Solid edge V12 and CAE Ansys Workbench 8.1. The resulting equipment consists of structural, hydraulic, oleo hydraulic, electrical and a control system board.

In addition it was published a manual of equipment operations and maintenances, where the procedures are described to make the hydrostatic test of each one of considered products to be prove at the beginning of the project.

The result is an equipment of easy handling that allows to verify the air tightness of the accessories for pipe in PVC made in nominal cast iron of diameters from 2 to 12" and pressures of test of up to 250 PSI.

* Degree work.

** Physical - Mechanical Engineer Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Néstor Raúl D'croz.

INTRODUCCIÓN

En Colombia un país en vía de desarrollo donde las aglomeraciones empresariales constituyen una forma de organización industrial y su impacto en el crecimiento económico regional permite insertar las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas - MiPyMEs en el engranaje de la economía del país; las MiP y MEs se han convertido en un factor fundamental para impulsar la búsqueda de la competitividad local. El proceso de integración económica regional tiene como uno de sus propósitos ampliar los mercados para estimular el crecimiento y desarrollo de las economías a través de la dinámica de la competencia.

Es así como la Empresa Industrial de Accesorios Ltda. (IDEA LTDA.); dedicada a la fabricación y comercialización de accesorios para tubería en hierro gris; perteneciente a este grupo de pequeñas y medianas empresas busca conservar y ampliar su mercado a nivel regional, nacional e internacional mediante la certificación de sus productos, que garantiza al cliente la calidad de los mismos y le permite tener un nivel de competitividad más alto con el resto de empresas dedicadas al transporte de fluidos.

Este proyecto se ha realizado con el propósito de suplir la necesidad de dicha empresa de verificar la hermeticidad de sus productos y lograr la certificación de calidad de estos.

Para lograr dicho objetivo se diseñó y construyó un Banco de Pruebas Hidrostáticas que busca generar pruebas y ensayos normalizados partiendo de los estándares exigidos por normas internacionales, la norma ASTM E 1003-95 (Reaprobada 2000) *Standard Test Method for Hydrostatic Leak Testing* y

la Norma técnica Colombiana NTC 2587 Tubos, acoples y accesorios de hierro dúctil y sus juntas para aplicaciones en gas o agua, dicho Banco de Pruebas se encuentra conformado por un sistema mecánico-estructural, un sistema hidráulico de verificación de fugas, un sistema de control y un sistema oleohidráulico de taponamiento y sellado para realizar la verificación de fugas en los accesorios producidos por Industrial de Accesorios Ltda. IDEA Ltda.

La ubicación del equipo al momento de la entrega a la empresa fue en la planta de producción de esta, ubicada en la vereda Laguneta Km 1 vía al aeropuerto Palonegro en el municipio de Girón Santander y el área administrativa y punto de venta de la empresa se encuentra en la calle 45 No. 16-35 de la ciudad de Bucaramanga.

En el capítulo 1 se muestra los antecedentes que ha tenido la empresa IDEA LTDA con accesorios defectuosos y el plan de acción que se ha trazado para mejorar, también se presentan los objetivos del trabajo de grado.

El capítulo 2 se presentan las generalidades características y particularidades de una prueba hidrostática y el modelo de esta seleccionado para el desarrollo de este proyecto.

El capítulo 3 muestra el proceso de diseño para los sistemas del banco de pruebas y las alternativas que se consideraron para la escogencia final basados en los requerimientos por parte del cliente IDEA Ltda.

El capítulo 4 presenta el proceso de diseño y selección de materiales y elementos requeridos para la fabricación del equipo.

El capítulo 5 muestra el proceso de fabricación y puesta a punto de los sistemas del equipo.

El capítulo 6 muestra los resultados de pruebas hechas y las posibles mejoras al equipo.

El capítulo 7 muestra el presupuesto final para la consecución del equipo.

El capítulo 8 muestra el documento que fue entregado como instructivo de mantenimiento y operación del equipo.

El capítulo 9 presenta las conclusiones que ha dejado el desarrollo de este equipo a través de todas sus etapas de desarrollo.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Ningún otro producto de ingeniería como los sistemas de transporte hidráulicos ha contribuido tanto para la salud, sanidad y el confort de las personas alrededor del mundo. Comenzando con la tubería de arcilla cruda de los tempranos días de Babilonia, 4000 años A.C., ha habido un esfuerzo constante para llegar a lo ideal – una tubería que pudiera fabricarse en forma económica y la cual perdurase bajo tierra.

Si bien es cierto que la tubería en hierro fundido ha brindado innumerables soluciones y beneficios no se debe desconocer las situaciones en que se presentan defectos en este tipo de tubería.

Por citar algunas situaciones la empresa IDEA LTDA (Industrial de accesorios Limitada) fabricante de accesorios para tubería PVC en hierro gris tuvo que enfrentar rechazos y pérdida de credibilidad en sus productos hacia el año 2005 , producto de un accesorio defectuoso que se presento en un montaje de línea hidráulica de un codo de 8" x 22.5 grados poroso , esto acarreo que la empresa tuviera que reconocer todos los costos en reproceso de montajes y mano de obra por tan solo un accesorio de un lote de producción que no cumplía todas las especificación de calidad.

Es a partir de este tratamiento de reclamo producto del sistema de gestión de la calidad ISO 9000 implementado por la empresa que surge la necesidad para esta de fabricar un dispositivo que permita la verificación de hermeticidad de sus productos.

En el ensayo normalizado para verificar las fugas en accesorios para tubería en hierro gris para agua tarados para presiones de trabajo de 150 psi deben tener la capacidad de soportar, sin fugas ni distorsión permanente, presiones de ensayo hidrostático que no excedan una y media veces las presiones de trabajo nominales según norma ICONTEC NTC 2346; que es nuestro caso; ya que los accesorios producidos por la Empresa Industrial de Accesorios, trabajan a presiones nominales de 150 psi.

La Universidad Industrial de Santander Cumpliendo con su deber de llevar tecnología y acompañamiento a los empresarios de la región ha desarrollado un equipo para verificar la hermeticidad de los productos fabricados por la empresa IDEA LTDA. Este equipo basado en los principios de las pruebas hidrostáticas y pruebas no destructivas fue desarrollado con el fin de cumplir las normas internacionales que rigen este tipo de ensayos.

Se considero como punto de partida más apropiado el método de ensayo propuesto por la **American Society of Testing and Materials** ASTM y validado y aceptado por la **American Nacional Standard Institute** ANSI para pruebas de hermeticidad bajo el principio hidrostático. Anexo A. (Este dato de referencia de compatibilidad de normas es tomado del libro Manual del ingeniero mecánico Marks)

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.2.1 Objetivo General. Cumplir con la labor de la Universidad de crear un vínculo con el sector productivo, proponiendo solución a los problemas prioritarios de las pequeñas y medianas empresas de nuestro país; en el campo comercial del transporte de fluidos. Es imperativo para ellas conservar

y mejorar la calidad de sus productos, ofreciendo a sus clientes accesorios probados por ensayos normalizados y de esta forma llegar a ser competitivas en el mercado no solo regional, nacional si no también internacional.

1.2.2 Objetivos Específicos

◆ Diseñar y construir un Banco de Pruebas que permita la comprobación de la hermeticidad de los accesorios para tubería de agua en hierro gris en el rango de 2" a 12" bajo la norma ASTM E 1003-95 (Reaprobada 2000) **Standard Test Method for Hydrostatic Leak Testing**. Este Banco de pruebas será estacionario y debe cumplir las siguientes características:

- ✓ Presiones de 150 – 250 psi para accesorios como codos, térs dobles, simples y reducciones. Según normas ICONTEC NTC 2346.
- ✓ Operación manual por parte del operario encargado.

◆ Diseñar un manual de operaciones para la prueba que la haga segura y de fácil operabilidad presentando en un plano según simbología DIN / ISO 1219 el diagrama DTI de tubería e instrumentación de la maquina, donde además se especifique objetivos, alcance, procedimiento y responsable del ensayo.

2. PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN TUBERÍA

2.1 GENERALIDADES PARA UNA PRUEBA HIDROSTÁTICA

A continuación se describen los aspectos fundamentales para considerar a una prueba como prueba hidrostática y a un equipo como banco de pruebas hidrostático, para esto se presenta la normatividad aplicable en el entorno para las pruebas hidrostáticas.

2.1.1 Introducción. Las pruebas hidrostáticas confirman la integridad estructural y hermeticidad de los equipos, sistemas y componentes que manejan sustancias peligrosas o líquidos a altas presiones, con la finalidad de garantizar su confiabilidad durante su operación normal. Lo anterior se logra mediante diversos ensayos no destructivos que consisten en someter a las tuberías, equipos y componentes de proceso asociados, a una prueba de presión interior para evidenciar que puedan ser operados cotidianamente en forma confiable y segura de acuerdo a las normas, especificaciones, códigos o estándares aplicables.

El procedimiento para pruebas hidrostáticas requiere que un componente sea lleno con algún líquido y se aplique presión a este sin afectar la integridad del componente que se quiere probar, la presión deberá ser alcanzada lentamente y sostenida durante un tiempo determinado, en este punto se inspecciona visualmente para verificar existencia de fugas o se considera una eventual caída de presión que registre los manómetros del equipo de pruebas.

En el ensayo normalizado para verificar las fugas en accesorios para tubería en hierro gris para agua tarados para presiones de trabajo de 150 psi deben tener la capacidad de soportar, sin fugas ni distorsión permanente, presiones de ensayo hidrostático que no excedan una y media veces las presiones de trabajo nominales según norma ICONTEC NTC 2346; que es nuestro caso; por lo tanto los accesorios producidos por la Empresa Industrial de Accesorios, deben trabajar a presiones nominales de 150 psi.

2.1.2 Características generales para una prueba hidrostática Las pruebas hidrostáticas incluyen:

- a) Pruebas de presión para localizar fugas en el componente.
- b) Pueden incluir métodos radiográficos, pruebas de partículas magnéticas, uso de líquidos penetrantes fluorescentes y pruebas supersónicas para detectar defectos superficiales o internos en la fundición.
- c) Ensayos mecánicos para determinar propiedades, tales como la resistencia a la tensión y dureza.

La presión de prueba debe mantenerse todo el tiempo que dure la inspección visual del accesorio sometido a la prueba y documentar su comportamiento mediante el registro que debe mantenerse todo el tiempo que esta dure y debe ser avalado mediante la firma de los participantes en la misma.

El procedimiento específico y detallado debe incluir como mínimo, lo siguiente:

- a) Se deben identificar los componentes que requieran algún cuidado especial para evitar que se dañen durante la prueba.
- b) Métodos de limpieza, llenado, presurización y aislamiento.
- c) Duración mínima de de la prueba.
- d) Precauciones y procedimientos que deben ser aplicados por seguridad.

- e) Presión de prueba.
- f) Relación y tipo de equipo a utilizarse.
- g) Puntos de venteo en el sistema hidráulico o el equipo.
- h) Suministro y calidad de agua.
- i) Las acciones que se deben tomar en caso de presentar fugas del fluido de prueba.
- j) Todas las precauciones necesarias al término de la prueba.

La aceptación de la prueba hidrostática queda condicionada a la ausencia de fugas del fluido de prueba, durante la inspección que se realice estando los accesorios en proceso de prueba a la presión requerida, tubería o equipo sujetos a la presión estimada.

2.1.3 Normatividad Aplicable a las pruebas hidrostáticas. En relación con las especificaciones técnicas de las tuberías y de sus accesorios, debe cumplirse con los requerimientos de las Normas Técnicas Colombianas NTC correspondientes, y en caso de que éstas no existan, con las normas AWWA, ASTM, DIN, ASME u otras normas técnicas equivalentes.

Dentro de la normatividad consultada y/o aplicada para el desarrollo de este equipo se tiene:

NTC 1370 Fundición de hierro gris. Clasificación. Esta norma es equivalente a la ISO 185

NTC 2346 Accesorios para tubería de agua en hierro dúctil y hierro gris de 76 mm a 1219 mm. Esta norma es una adopción idéntica por traducción de la norma ANSI/AWWA C110/A21.10

NTC 2587 Tubos, acoples y accesorios de hierro dúctil y sus juntas para aplicaciones en gas o agua. Esta norma es equivalente a la ISO 2531.

ASTM E 1003-95 REAPROBADA 2000 Norma del método de prueba para la comprobación de fugas hidrostáticas.

ASTM E1316-91B Terminología estándar para pruebas no destructivas.

ASME Sección VIII – División 1- 2001 UG 99 **Estándar Hydrostatic Test**

Por disponibilidad en cuanto a la versión más actualizada y por considerarse para los autores como la que mejor describe las condiciones del equipo se tomo como norma a cumplir la norma ASTM E 1003-95 REAPROBADA 2000 Norma del método de prueba para la comprobación de fugas hidrostáticas.

2.2 PARÁMETROS PARA FUNCIONAMIENTO DE ACCESORIOS DE HIERRO GRIS EN TUBERÍA

Los parámetros de funcionamiento, especificaciones para materiales, condiciones dimensionales y operativas para la aceptación de un accesorio en una red hidráulica son descritos en la norma NTC 2587 y NTC 2346 el estudio de estas fue posible gracias a la consecución por parte de las directivas de la empresa IDEA LTDA.

2.2.1 Introducción a los accesorios para tubería en hierro gris. Se define como acople bajo la norma NTC 2587 a toda pieza fundida diferente de un tubo que permite la derivación de la tubería y el cambio de dirección o diámetro interno.

Se define como accesorio bajo la norma NTC 2587 a cualquier pieza fundida diferente de un tubo o acople que se usa en una tubería, como casquillos pernos y anillos de seguridad, las válvulas e hidrantes no son considerados accesorios.

Bajo la norma NTC 2346 se considera como accesorios a todos los acoples descritos e identificados en las tablas 1 a 20 de dicha norma.

Para fines prácticos los autores han definido como accesorio a los acoples definidos bajo la norma NTC 2587; Esto se hace al encontrar incongruencia en la definición de accesorios y acople en las normas NTC anteriormente descritas.

2.2.2 Pruebas a realizar en el banco de pruebas hidrostáticas A partir del estudio de la norma ASTM E 1003-95 REAPROBADA 2000 Norma del método de prueba para la comprobación de fugas hidrostáticas se construyó el banco con la capacidad para realizar pruebas bajo dos métodos de inspección:

Indicación de la caída de presión- Este procedimiento es usado principalmente para la medida total del sistema de fuga.

- Inspección visual para fugas- Este procedimiento es principalmente intencional para localizar fugas.

2.3 BANCO DE PRUEBAS

A continuación se presenta de manera resumida los principales elementos que fueron tema de estudio y los componentes principales del equipo diseñado.

2.3.1 Elementos requeridos para un banco de pruebas. El dispositivo diseñado cuenta con los principales elementos exigidos por la norma:

Medidor de presión, manómetros: estos medidores son capaces de resistir presiones de prueba normales y son bastante precisos para registrar pequeñas caídas de presión.

Válvula de alivio de presión: Este elemento se encuentra incorporado en la bomba encargada de elevar la presión hidrostática y se ha considerado como conjunto original ensamblado y calibrado por la empresa fabricante de la bomba.

Cronometro: por medio de un reloj cronometro instalado en el tablero de control se supervisa el tiempo de la prueba sin mayores distracciones para el operario.

Válvula de parada de presión de emergencia: Se cuenta con un sistema de venteo de la presión de agua accionado por el operador en caso de emergencia con válvula tipo bola y palanca para realizar una rápida descompresión del sistema de emergencia, además de una parada de emergencia que desconecta eléctricamente el motor de la bomba hidráulica.

Trampa de aire: Se ha construido el dispositivo con un sistema de giro sobre su eje que permite ubicar siempre la purga de aire en la parte más alta de los accesorios a probar, por medio de este se garantiza el llenado total del accesorio con agua y la evacuación total de aire.

Bomba de presión: Se cuenta con una bomba de accionamiento mecánico que ofrece un llenado rápido y ofrece elevar la presión dentro del accesorio de prueba de forma rápida y controlada.

Líquido de prueba: Se suministra agua no tratada contenida en un tanque construido en acero inoxidable para evitar contaminaciones y con una capacidad de 165 litros, el líquido cuenta con dos filtros en Y con filtrado por malla de distinto calibre cada una.

Mangueras de presión y montajes: Cuenta con mangueras y válvulas que exceden las presiones normales de prueba por lo que se garantiza seguridad y hermeticidad a través de la prueba.

Cámara de protección para las pruebas de alta presión: La zona de pruebas deberá estar delimitada por una zona de acceso restringido que ofrece seguridad a terceros y operarios.

Sistema de sello hermético y bloqueo mecánico de accesorios: El dispositivo cuenta con un sistema oleohidráulico que compensa las presiones internas del líquido de prueba con dos actuadores oleohidráulicos de desplazamiento lineal y dos actuadores mecánicos del tipo tornillo de potencia de desplazamiento lineal que permite un posicionamiento de precisión para el accesorio. Estos están calculados para resistir la presión de pruebas y para ser completamente removible después de la prueba. Este además permite la prueba de accesorios con diferentes geometrías por medio de una distribución preconcebida de los actuadores.

El banco de pruebas cuenta con un manual de instrucciones de mantenimiento general del dispositivo y sus componentes y un manual de instrucciones de operación que describe todos los requerimientos para la realización de la prueba. Estos se incluyen en el presente trabajo como capítulo 8.

2.3.2 Bancos de pruebas hidrostáticas. Estado del arte. En el comercio internacional se ofrece gran variedad de bombas que permiten la realización de pruebas hidrostáticas a diferentes sistemas y a diferentes materiales, el reto acá se constituyo en lograr un dispositivo que permitiera probar accesorios de diferentes geometrías dentro de un mismo marco o equipo, para que la construcción de este fuera rentable y se consiguiera un equipo de dimensiones aceptables para la variedad de accesorios que se prueban.

En el país la empresa APOLO LTDA de Medellín cuenta con un banco de pruebas hidrostáticas que permite la prueba de accesorios que no ofrecen cambios de dirección en el fluido, es decir accesorios tipo válvulas y reducciones, quedando por fuera de rango de prueba accesorios con geometrías diferentes como tés y codos. Para ampliar el rango de accesorios a probar la empresa APOLO ha fabricado una serie de dispositivos construidos por los operarios que le permiten mayor número de piezas a probar en cuanto a geometría pero que aumenta el tiempo de prueba por montaje.

La empresa Tuvacol SA en Bucaramanga cuenta con un banco de pruebas hidrostático que permite la verificación de probetas de manguera con la que se certifica un lote determinado de producción.

Una de las empresas más significativas en cuanto a la fabricación y comercialización de bancos de pruebas a nivel europeo es la marca IPT **Institut fur pruftechnik** con representación española, esta ofrece varios probadores para tubería con mandos programables de presión y tiempo pero su limitante para la problemática de IDEA LTDA es que no ofrece dispositivo de sujeción para las diferente geometrías de accesorios.

Esta problemática es también reconocida por el ICONTEC quienes en la norma NTC 2587 segunda actualización pág. 19 tabla 10 reconocen la dificultad para brindar sujeción en los acoples a altas presiones y permiten que las pruebas se realicen a una presión menor que para tubería en los mismos diámetros.

3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

Este proyecto se realizó con el propósito de suplir la necesidad de la empresa IDEA LTDA de verificar la hermeticidad de sus productos y lograr la certificación de calidad de estos, es con esta finalidad que se diseñó y construyó un banco de pruebas con la capacidad para verificar todos los accesorios descritos en este capítulo que corresponden al portafolio de productos ofrecidos por la empresa para accesorio de tubería PVC. Su realización se hizo en función de los productos fabricados por la empresa y se consideró siempre para el diseño y fabricación la disponibilidad de recursos y materiales presentes y de fácil consecución por parte de la empresa.

Cuando se habla de pruebas hidrostáticas con agua se pueden clasificar en dos tipos de prueba según la disposición final del producto, Se distingue la prueba de presión con agua o con el fluido de trabajo en sistemas de tuberías y tanques, esta prueba se caracteriza por ser una prueba de campo donde el producto final de este servicio es la verificación de un sistema de tubería conformado por todos sus elementos en conjunto incluidas sus uniones.

El otro tipo de prueba de presión con agua es la prueba hidrostática en fábrica donde el resultado final es la hermeticidad de un producto en particular que pueda ser luego llevado a campo con un certificado de hermeticidad, esta prueba es responsabilidad del fabricante de los accesorios como un valor agregado al cliente quien según sea el caso deberá realizar un prueba en conjunto.

El sistema que se desarrolla a continuación está pensado en probar accesorios particulares en la planta de producción de estos y no en pruebas de sistemas de tubería, este tipo de prueba es más exigente ya que implica elevar la presión interna de los accesorios por encima de la presión normal de trabajo, la prueba hidrostática esta como un paso más en el proceso de producción y se ubica entre el proceso de mecanizado y el de pintura de los accesorios. Estos requerimientos de presión están dados por las normas NTC anteriormente mencionadas.

3.1 PROCESO DE DISEÑO

El diseño del banco de pruebas hidrostático surgió de la necesidad de la empresa IDEA LTDA de brindar a sus clientes accesorios con pruebas de hermeticidad de un 100%, Este equipo también cumple función importante dentro del sistema de gestión de la calidad ya que es el que permite emitir un certificado de calidad de cada producto fabricado por la empresa, la comercialización de los accesorios anteriormente se hacía con el riesgo por parte de la empresa y del cliente que uno de estos accesorios defectuosos terminara montado en un sistema de tubería, lo que implicaba un riesgo estructural y ecológico para su entorno cercano.

Con la puesta en marcha de este nuevo procedimiento la empresa mejora notablemente los estándares de calidad exigidos por ella misma y por sus clientes y la pone un paso adelante de su competencia.

Para la realización del diseño del sistema se trabajó a partir de la siguiente metodología:

- Identificación del problema

- Requisitos, normatividad y especificaciones
- Generación, viabilidad, evaluación y análisis de ideas
- Refinación del diseño
- Modelamiento final y selección de materiales
- Fabricación y montaje

Identificación del problema. Las exigencias por parte del cliente para con el producto, es que este sea un 100% conforme y confiable, esto es cada día más notorio en todos los campos comerciales, para el transporte de fluidos la presencia de un accesorio defectuoso en un sistema de tubería implica más que el cambio de la pieza ya que la puesta en marcha de un sistema en estas condiciones además de retrasar los tiempos de entrega por reprocesos implica generar un derrame de fluido en áreas que pueden llegar a ser ya cubiertas y de difícil acceso, toda esta responsabilidad recae en el fabricante del accesorio quien inicialmente no conoce el destino de trabajo de los accesorios.

En el campo comercial del transporte de fluidos dentro del sector regional de Santander son varias las empresas y ferreterías que producen y comercializan accesorios para tubería en hierro gris de 50.8 mm a 304.8 mm (2" a 12"), es por esto que para una empresa líder en el campo como IDEA LTDA es imperativo conservar y mejorar la calidad de sus productos ofreciendo a sus clientes accesorios probados por metodologías de ensayos de aceptación propuestos por estamentos internacionales de normatividad.

La empresa IDEA LTDA realiza una inspección visual de los productos para encontrar defectos de porosidad como consecuencia del proceso de colada mediante el cual son fabricados (para más detalle véase ANEXO F Elaboración de accesorios para tubería por Industrial de Accesorios LTDA), y

no son sometidos a ningún tipo de pruebas físicas; solo son puestos a prueba una vez soporten la presión del montaje final.

La empresa IDEA LTDA ha comercializado y fabricado con gran aceptación sus productos sin contar con un certificado de calidad que verifique la hermeticidad de sus accesorios.

El problema radica en que la fábrica de esta empresa no cuenta con un medio que le permita probar la hermeticidad de los productos después del proceso de maquinado y antes de aplicar el recubrimiento asfáltico y posterior embalaje de los accesorios. Este hecho le ha ocasionado en ciertos casos la pérdida de credibilidad, el rechazo de sus productos, y asumir la responsabilidad de los daños causados al medio en donde han sido montados estos accesorios defectuosos. La empresa IDEA LTDA ya ha afrontado demandas debido a accesorios defectuosos que no son detectados en el actual control de calidad de los productos y que han terminado por ser instalados en sistemas de tubería y han generado las situaciones ya descritas.

Una vez planteada esta problemática se debe cuestionar sobre que procesos se han aplicado para darle solución, que base teórica los sustenta y que avances tecnológicos se han propuesto.

Requisitos, normatividad y especificaciones. Se requiere suministrar a la empresa industrial de accesorios LTDA de un equipo que le permita garantizar la hermeticidad en sus accesorios, para esto se ha tomado como punto de partida los procedimientos descritos en la norma ASTM 1003 para pruebas hidrostáticas y para avalar el cumplimiento de dichos accesorios para funcionamiento a nivel nacional se han estudiado las norma NTC 2346

Accesorios para tubería de agua en hierro dúctil y hierro gris de 76 mm a 1219 mm. Esta norma es una adopción idéntica por traducción de la norma ANSI/AWWA C110/A21.10 y NTC 2587 Tubos, acoples y accesorios de hierro dúctil y sus juntas para aplicaciones en gas o agua. Esta norma es equivalente a la ISO 2531.

Las Especificaciones del equipo de pruebas están dadas por la norma ASTM 1003 pruebas hidrostáticas y a continuación se reproduce los requerimientos del equipo.

Medidor de presión

Válvula de alivio de presión

Alarma de presión.

Válvula de parada de presión de emergencia.

Orificio de trampa de aire o venteo.

Bomba de presión.

Líquido de prueba.

Mangueras de presión y montajes.

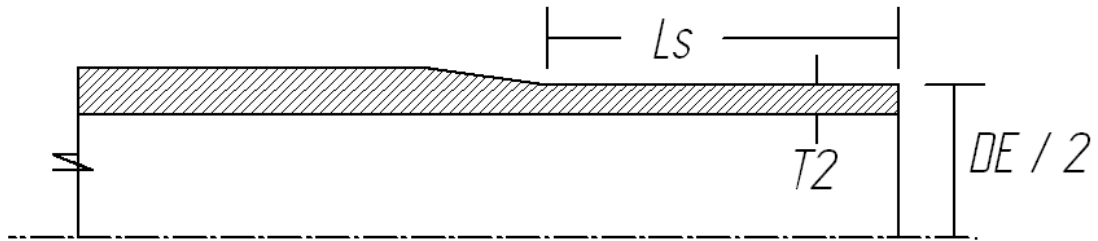
Cámara de protección para las pruebas de alta presión.

Consideración de accesorios a trabajar en el banco de pruebas. Las especificaciones de los accesorios a probar y que cubre el presente trabajo de grado se presenta en los siguientes cuadros.

Una de las partes constitutivas del accesorio en hierro gris para tubería de PVC es el llamado extremo plano o espigo, esta sección es la encargada de hacer sello con las juntas tipo campana de la tubería PVC y es además la parte del accesorio a la que se le realiza mecanizado, una vista en corte de esta

sección se muestra a continuación en la figura 1 acompañada del cuadro de medidas esperadas para cada espigo de accesorio, véase cuadro 2.

Figura 1. Dimensiones y tolerancias de extremo plano de junta mecánica.



Fuente Norma NTC 2587. Icontec

Cuadro 1. Dimensiones y tolerancias de extremo plano de junta mecánica fabricadas por IDEA Ltda.

Diámetro en pulgadas	DE mm	T₂ mm	L_s Mm
2	60	8	90
3	89	9.5	110
4	114	10	120
6	168	11	140
8	219	12.5	160
10	273	14	180
12	323	15.5	200

Fuente: Norma NTC 2587 Icontec

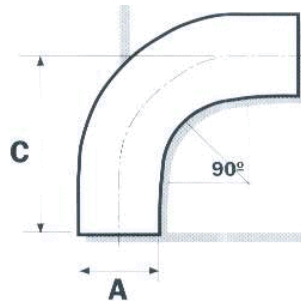
Los accesorios producidos por la empresa IDEA LTDA y que fueron considerados para ser ensayados en el banco de pruebas hidrostático según el catalogo de sus productos son presentados a continuación por medio del cuadro de medidas y la figura parametrizada del accesorio:

Cuadro 2. Codos extremos lisos pvc a 90 grados

CODOS EXTREMOS LISOS PVC (90°)		
A	C (mm)	PESO (kg)
3"	190	6
4"	210	9
6"	290	28
8"	280	31
10"	350	53

Fuente: Catálogo productos IDEA LTDA

Figura 2. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo codo a 90 grados



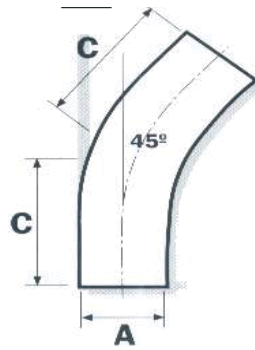
Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Cuadro 3. Codos extremos lisos PVC a 45 grados

CODOS EXTREMOS LISOS PVC (45°)		
A	C (mm)	PESO (kg)
3"	150	4.5
4"	170	6.5
6"	195	13
8"	220	21
10"	265	43
12"	435	74

Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Figura 3. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo codo a 45 grados



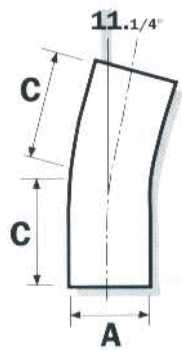
Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Cuadro 3. Codos extremos lisos PVC a 11.25 grados

CODOS EXTREMOS LISOS PVC (11 1/4°)		
A	C (mm)	PESO (kg)
3"	150	4.5
4"	176	7
6"	194	13
8"	215	18
10"	235	32
12"	265	51

Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Figura 4. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo codo a 11.25 grados



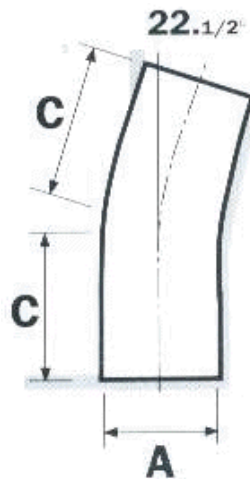
Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Cuadro 4. Codos extremos lisos PVC a 22.5 grados

CODOS EXTREMOS LISOS PVC (22 1/2°)		
A	C (mm)	PESO (kg)
3"	152	4.5
4"	180	7
6"	204	13
8"	220	18
10"	235	35
12"	322	60

Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Figura 5. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo codo a 22.5 grados



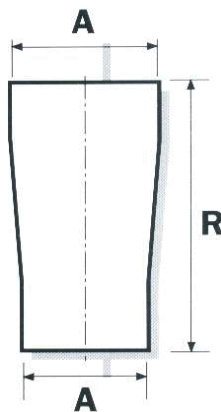
Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Cuadro 5. Reducciones extremos lisos PVC

REDUCCIONES EXTREMOS LISOS PVC		
A * A	R (mm)	PESO (kg)
3" * 2"	315	3
4" * 2"	315	4.5
4" * 3"	310	5.5
6" * 3"	360	11
6" * 4"	375	11
8" * 3"	393	16
8" * 4"	375	16
8" * 6"	390	18
10" * 3"	420	25
10" * 4"	470	26
10" * 6"	450	28
10" * 8"	470	35
12" * 3"	560	43
12" * 4"	560	37
12" * 6"	586	50 Apx
12" * 8"	606	50
12" * 10"	630	63 Apx

Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Figura 6. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo reducción



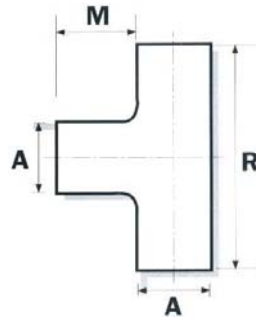
Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Cuadro 7. Tees extremos lisos PVC

TEES EXTREMOS LISOS PVC			
A * A	R (mm)	M (mm)	PESO (kg)
2" * 2"	285	110	3
3" * 2"	308	110	5.5
3" * 3"	335	120	7
4" * 2"	325	110	7.5
4" * 3"	355	120	10
4" * 4"	380	130	10
6" * 2"	360	110	13
6" * 3"	395	120	16
6" * 4"	420	130	18
6" * 6"	476	150	22
8" * 3"	435	120	24.5
8" * 4"	460	130	26
8" * 6"	510	150	32
8" * 8"	566	170	37
10" * 3"	475	120	39
10" * 4"	505	130	40
10" * 6"	555	150	45
10" * 8"	615	170	58
10" * 10"	665	190	64
12" * 3"	515	120	49
12" * 4"	540	130	51
12" * 6"	595	150	60
12" * 8"	645	170	68
12" * 10"	705	190	81 Apx
12" * 12"	750	210	83

Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Figura 7. Figura esquemática parametrizada para el accesorio tipo tee



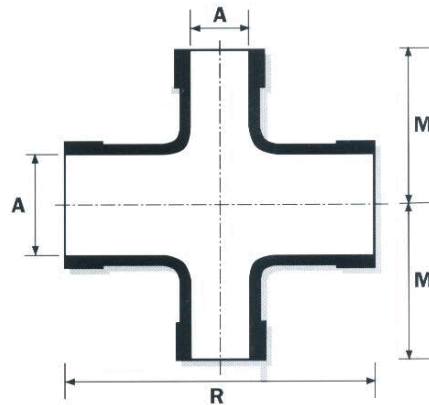
Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Cuadro 6. Cruces extremo liso PVC

CRUCES EXTREMOS LISOS PVC			
A * A	R (mm)	M (mm)	PESO (kg)
2" * 2"	285	110	3
3" * 2"	308	110	5.5
3" * 3"	335	120	7
4" * 2"	325	110	7.5
4" * 3"	355	120	10
4" * 4"	380	130	10
6" * 2"	360	110	13
6" * 3"	395	120	16
6" * 4"	420	130	18
6" * 6"	476	150	22
8" * 3"	435	120	24.5
8" * 4"	460	130	26
8" * 6"	510	150	32
8" * 8"	566	170	37
10" * 3"	475	120	39
10" * 4"	505	130	40
10" * 6"	555	150	45
10" * 8"	615	170	58
10" * 10"	665	190	64
12" * 3"	515	120	49
12" * 4"	540	130	51
12" * 6"	595	150	60
12" * 8"	645	170	68
12" * 10"	705	190	81 Apx
12" * 12"	750	210	83

Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

Figura 8. Figura esquemática parametrizada para accesorios tipo cruces



Fuente: catálogo productos IDEA LTDA

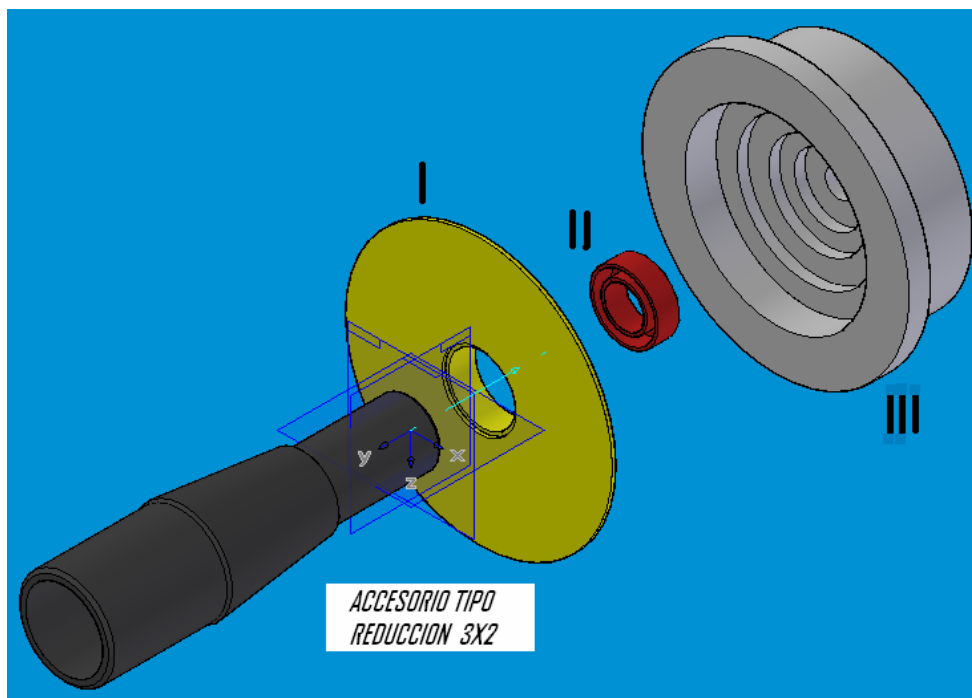
Generación, viabilidad, evaluación y análisis de ideas. A continuación se presentan las distintas alternativas consideradas para dar solución a las exigencias presentadas por el proyecto, la evaluación, análisis y selección de las diferentes alternativas se justifica en la misma presentación de estas y el desarrollo final de la alternativa seleccionada se profundiza en el capítulo 4 de modelamiento y selección de materiales.

Selección de Sistemas. Se denominó como sistemas para el desarrollo de este equipo al conjunto de elementos que juntos buscaban resolver una situación particular dentro del equipo. Por lo tanto se tiene un Sistema estructural con la necesidad de sostener y posicionar el accesorio a Probar, Sistema hidráulico con la finalidad de entregar y controlar el líquido y la presión de prueba al accesorio, Sistema Oleohidráulico con la función de proporcionar la fuerza requerida para contrarrestar la presión interna de prueba y sellar el accesorio a probar y un sistema eléctrico de control con la finalidad de dar control eléctrico a los sistemas hidráulico y oleohidráulico.

- **Sistema estructural.** El mayor reto para el proyecto de grado lo constituyo el diseño y fabricación del dispositivo que permitiera un sello hermético de todas las entradas de los accesorios usando tapones o cubiertas que pudieran resistir las pruebas de presión y pudieran ser completamente removibles después de la prueba y que además no involucrara un alto número de elementos adicionales para la prueba de cada accesorio.

En el proceso de generación de alternativas para lograr este propósito se destacan los siguientes modelos.

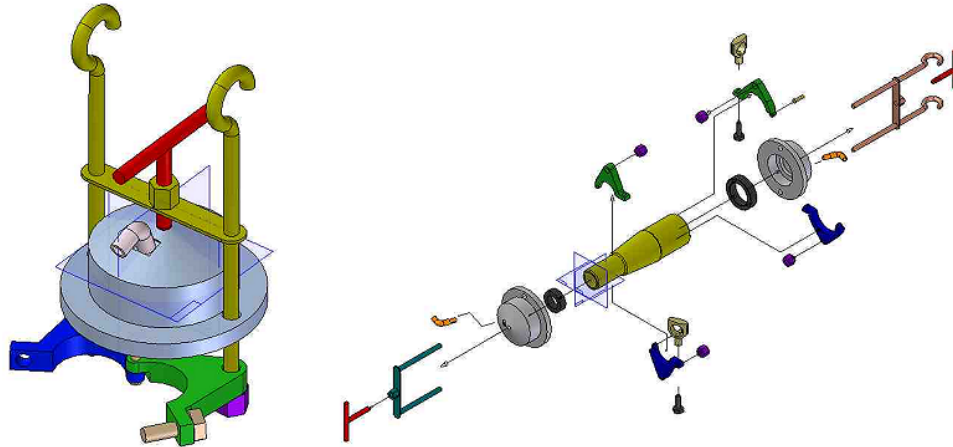
Figura 9. Modelo 1 para el sistema de taponamiento



Este modelo presentado en la figura 9 consta de un plato en lamina HR (1) que con el diámetro correcto a la punta tipo espigo de accesorio y un empaque en caucho vulcanizado (2) da sello al comprimirlo contra un tapón

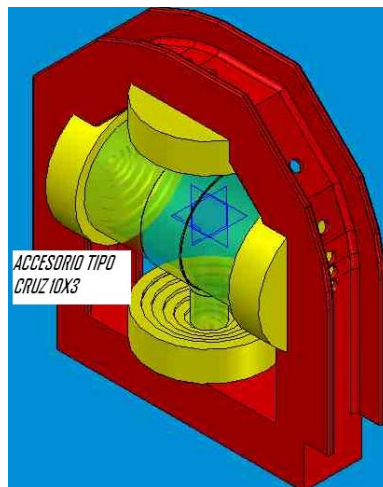
(3) con capacidad para todos los diámetros nominales fabricado en hierro fundido.

Figura 10. Modelo 2 para el sistema de taponamiento



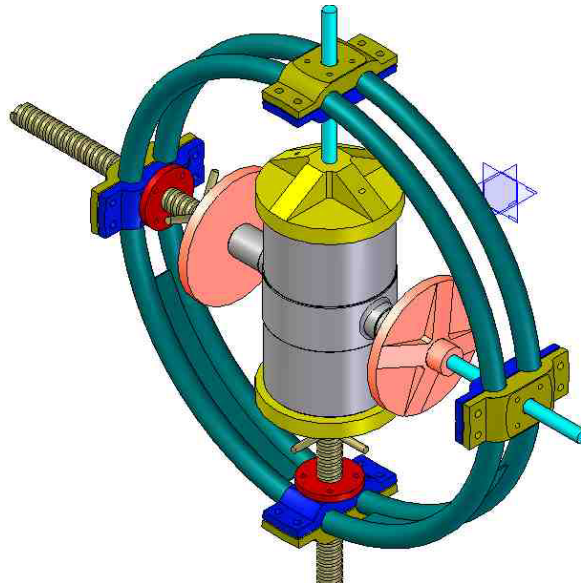
Este montaje tipo abrazadera presentado en la figura 10 se sujeta al accesorio por medio de unas mordazas que se cierran y un tapón en hierro fundido que se sujeta por los brazos de estas mordazas y se desplaza axialmente gracias a un tornillo que lo presiona contra el accesorio para producir sello en las puntas tipo espiga del accesorio.

Figura 11. Modelo 3 para el sistema de taponamiento



En este modelo presentado en la figura 11 el accesorio va contenido dentro de un marco fabricado en perfilera estructural que desplaza unos tapones hasta la punta del accesorio, los tapones y su mecanismo de desplazamiento deben desmontarse completamente y montarse de nuevo en la posición predefinida para un accesorio con una nueva geometría.

Figura 12. Modelo 4 para el sistema de taponamiento



Todo el desarrollo de estos modelos fue realizado durante el proceso de diseño por los autores del proyecto ya que no se encontró un dispositivo comercial que permitiera un taponado hermético y removible para los accesorios a verificar.

El modelo 1 mostrado en la figura 9 fue descartado debido a la gran fuerza de fricción que se requería para mantener un taponado hermético a las presiones requeridas, este requería además de la fabricación de un tipo de empaque en caucho que no es comercial y que la empresa no estaba en capacidad de fabricar por ella misma lo que encarecía el proyecto.

El modelo 2 mostrado en la figura 10 fue descartado debido a la gran cantidad de dispositivos y piezas que debían fabricarse para cumplir el objetivo de probar toda la gama de accesorios que fabrica la empresa, además este presentaba inconvenientes al momento de probar accesorios tipo cruces debido a la interferencia física entre las piezas de los dispositivos.

El principio de funcionamiento para este dispositivo era el mismo que el mostrado en el modelo 1, solo que en este era posible producir una fuerza que podía llegar a deformar el accesorio.

El modelo 3 mostrado en la figura 11 no fue viable debido a la poca flexibilidad que presentaba el marco principal, este no permitía un fácil cambio de montaje entre accesorios por lo que no se considero una evolución de este tipo de marco.

El modelo 4 mostrado en la figura 12 fue el que finalmente se consideró viable ya que dentro de un marco circular se podía desplazar cualquier tipo de tapón debidamente sujeto a este marco y así se podía probar cualquier accesorio de cualquier geometría sin cambiar las piezas de los dispositivos, solamente debía cambiarse la posición de estos. Para esto se considero 4 tapones que tuvieran un desplazamiento radial y tangencial con respecto al marco circular.

- **Sistema hidráulico.** La selección de este se hizo basado en los requerimientos y accesorios exigidos por la norma ASTM 1003, la selección de mayor variabilidad para este sistema la constituyó la bomba de presión, se consideraron dos alternativas: la primera de fabricación nacional fue una bomba manual con una tanque de capacidad fija suministrada por la marca

Herbert referencia HRHG con capacidad para pruebas de hasta 1500psi y la segunda con motor eléctrico y desplazamiento positivo, para esta selección se tomaron motobombas de uso agrícola más específicamente bombas para fumigación y se encontró la viabilidad en dos bombas; La primera una bomba de membrana marca Comet de origen italiano referencia MP 30 con una presión máxima de 30 bar (435 psi), un desplazamiento de 29.2 lpm a 550 rpm con un motor de 1.7 KW de potencia y transmisión de correa, La segunda fue una bomba de pistones marca Ecomax de origen chino referencia ES 28A 22.28.30 con una presión máxima de 35 Kg/cm² (497 psi), un desplazamiento de 28 lpm a 800 rpm con un motor de 3 KW de potencia y transmisión de correa.

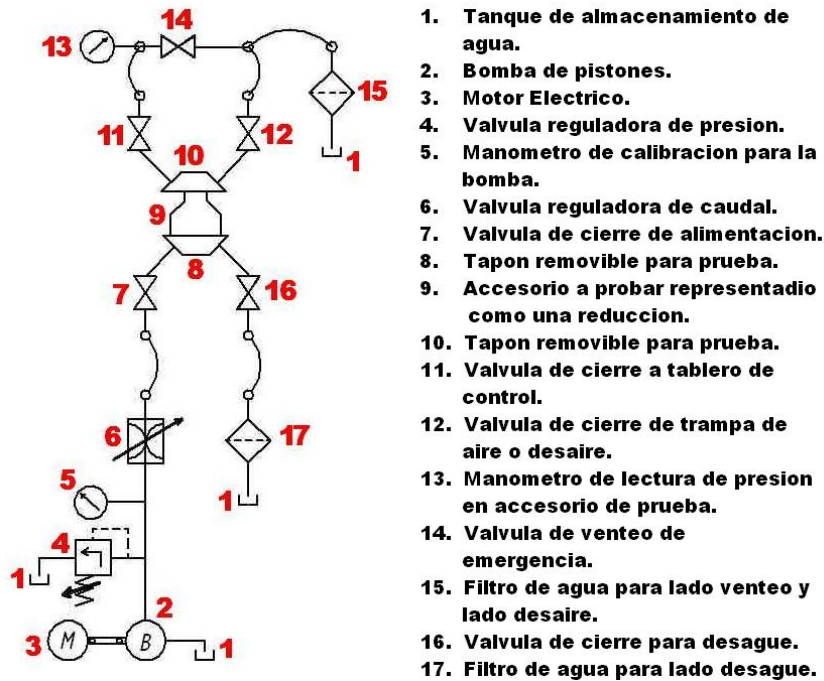
La comercialización y distribución de estas dos bombas es a nivel local con almacenes de agro insumos. Al encontrar que las características de las dos bombas cumplían con las exigencias del banco de pruebas el factor final de selección fue el económico, dándole mayor viabilidad a la bomba de pistones.

Para el resto de accesorios como tuberías y mangueras su selección esta descrita más adelante.

El diseño final del circuito se hizo siguiendo los parámetros exigidos por la norma ASTM 1003 y los elementos de protección requeridos por la prueba y la bomba.

El diagrama del circuito hidráulico se muestra a continuación en la figura 13 cumpliendo la norma para simbología hidráulica DIN/ISO 1219.

Figura 13 Diagrama del sistema hidráulico



- **Sistema oleohidráulico.** El diseño de un circuito hidráulico conlleva dos tareas primordiales: por una parte el cálculo y la definición concreta de los componentes en función de sus necesidades (presión, caudal, etc.), y por otra el Diagrama del circuito.

La fuerza producida por la presión a la cual se probaran los accesorios multiplicada por el área transversal del mismo es la fuerza que debe contrarrestar el sistema de sellado. Se escoge por metodología de diseño el accesorio mas critico en cuanto a presión, accesorio de mayor área a probar.

El sistema Oleohidráulico en el banco de pruebas hidrostático es uno de los encargados de realizar el sello a los accesorios, por medio de la fuerza oleohidráulica se consigue taponar los accesorios y contrarrestar las fuerzas producidas por el agua en la presión interna de los accesorios, este sistema es el que permite regular la fuerza variable producto de una presión constante

de prueba y un área variable de cada accesorio, Al tener una presión atrapada en la cara del pistón de los cilindros hidráulicos se consigue una fuerza que correctamente regulada es suficiente para contrarrestar la fuerza producida por el agua, con la ventaja que le permite al operario manipular el sistema a distancia y desconectarlo en modo de emergencia en cualquier momento.

Para el diseño de los circuitos hidráulicos son muchas las configuraciones posibles para el manejo de dos Actuadores hidráulicos, para este caso los requisitos fueron que se tuviera la acción de uno de los actuadores antes que el otro y también que se pudiera trabajar con un solo cilindro según fuera la geometría del accesorio a probar, otra condición era la posibilidad de graduar la fuerza de trabajo de cada uno de estos Ciclo de trabajo.

Se trata de diseñar un circuito hidráulico para el accionamiento de dos cilindros con movimiento independiente, encargados de sellar los accesorios para el llenado con el fluido de prueba que para este caso es agua, y contrarrestar la fuerza producida por la presión de prueba sobre el área a sellar del accesorio a probar.

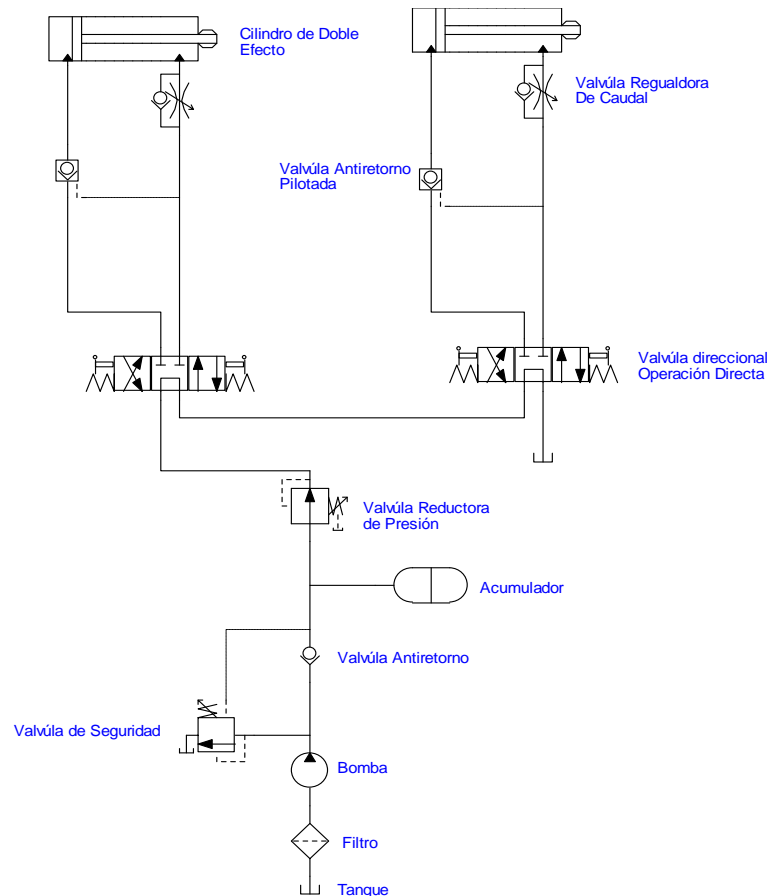
Para el funcionamiento de un solo cilindro se busca: Avance a la posición de trabajo, Estado de trabajo, retroceso al estado de reposo.

Para el funcionamiento de los dos cilindros se busca: Avance a la posición de trabajo del cilindro A, estado de reposo del cilindro B, Estado de trabajo del cilindro A, Avance posición de trabajo del cilindro B, Estado de trabajo del cilindro B, Retroceso a la posición de reposo del cilindro B, Estado de reposo del cilindro B, Retroceso a la posición de reposo del cilindro A y estado de reposo del cilindro B.

Los controles del sistema oleohidráulico fueron ubicados dentro del banco de control cumpliendo con las normas de ergonomía básicas para facilitar la operación por parte del operario y minimizar errores de operación por deficiencia de visibilidad o difícil accesibilidad a los mandos.

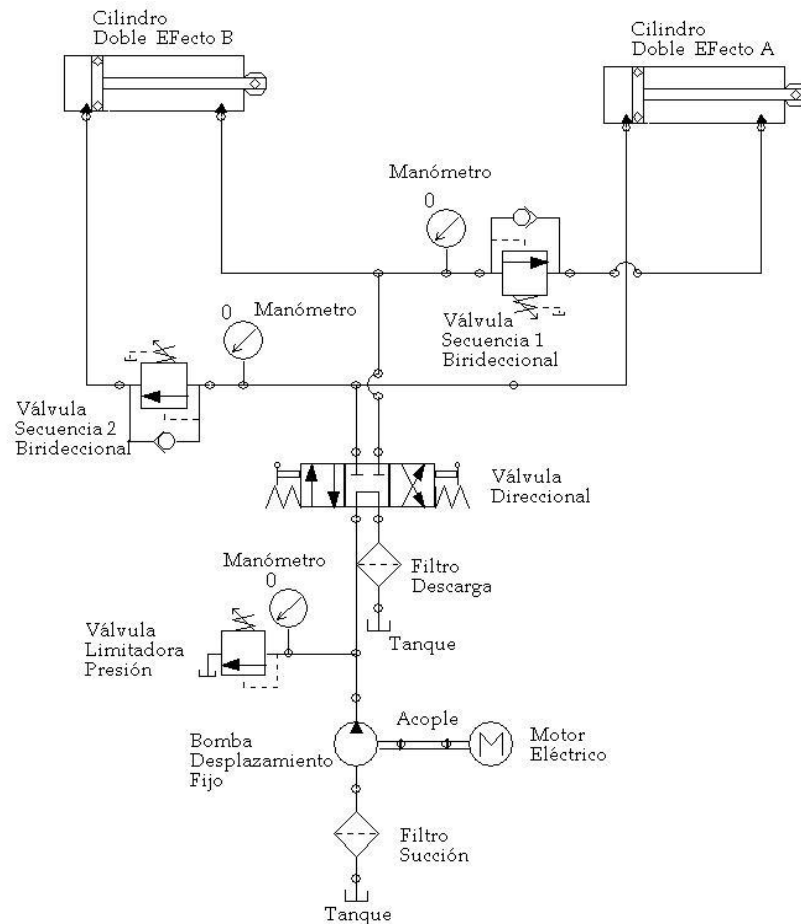
Luego de estudiar varios diseños se escogieron dos para el estudio de viabilidad de mantenimiento, repuestos y presupuesto. Los diagramas esquemáticos fueron diseñados y simulados por medio del software AUTOMATION STUDIO versión 3.0.5.1 y se presentan a continuación en las figura 14 y 15

Figura 14. Diagrama de alternativa para Sistema oleohidráulico 1



Del sistema oleohidráulico 1 se tiene un control independiente para cada uno de los actuadores que se mantienen bloqueados por medio de válvulas antirretorno pilotadas que compensan las fugas a través de esta gracias a un acumulador de presión, Como característica general se tiene que los dos cilindros son controlados de manera independiente gracia a que cada uno cuenta con una válvula direccional y que trabajan a la misma presión, la viabilidad de este diseño se descarto debido al costo inicial y a la mayor cantidad de elementos presentes en el circuito, además del mantenimiento que estos requerían como una posible precarga al acumulador y sellos de las válvulas antirretornos.

Figura 15. Diagrama del Sistema oleohidráulico 2



El sistema oleohidráulico 2 se considero como mas económico y de menor mantenimiento en comparación al sistema 1 debido a su menor número de componentes además la fuerza de trabajo en cada cilindro es graduable según sea la necesidad y se tiene la condición de simultaneidad que facilita el montaje de accesorios como tee, cruces y codos como se verá más adelante.

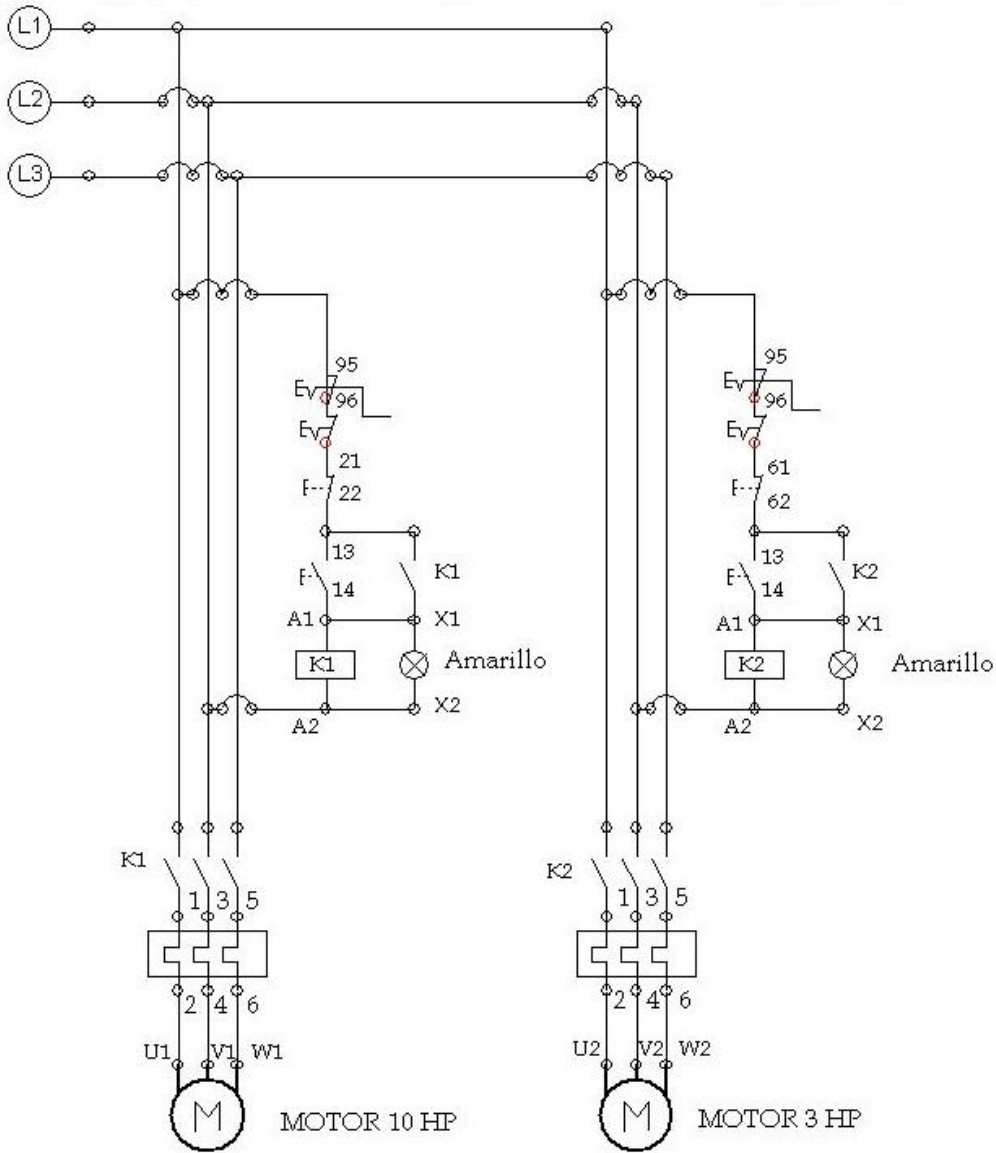
- **Sistema de Control Eléctrico.** Para este sistema se requería un grado de protección para los motores eléctricos y además un fácil entendimiento de los controles por parte del operario, para hacer más segura la operación del equipo cada sistema tanto el hidráulico como el oleohidráulico cuentan con un sistema de parada de emergencia que permite la interrupción inmediata de la electricidad deteniendo el trabajo en cada uno de los sistemas, para cumplir con esto se cuentan con botoneras luminosas y de fácil alcance para el operario cumpliendo con requisitos básicos de ergonomía para el tablero y el banco de control.

El cálculo y diseño eléctrico se realizo a partir de la conexión eléctrica con la que cuenta la fábrica siendo esta una conexión trifásica a 220V.

El diagramas esquemático fue diseñado y simulado por medio del software AUTOMATION STUDIO versión 3.0.5.1 y se presentan a continuación en la figura 16.

El diseño del sistema eléctrico se realizo pensando en la simplicidad de la conexión y el mantenimiento, Para este tipo de sistemas el factor económico fue una gran limitante por lo que se reconocen muchas opciones de mejora a este que son presentadas más adelante en el capítulo 6.

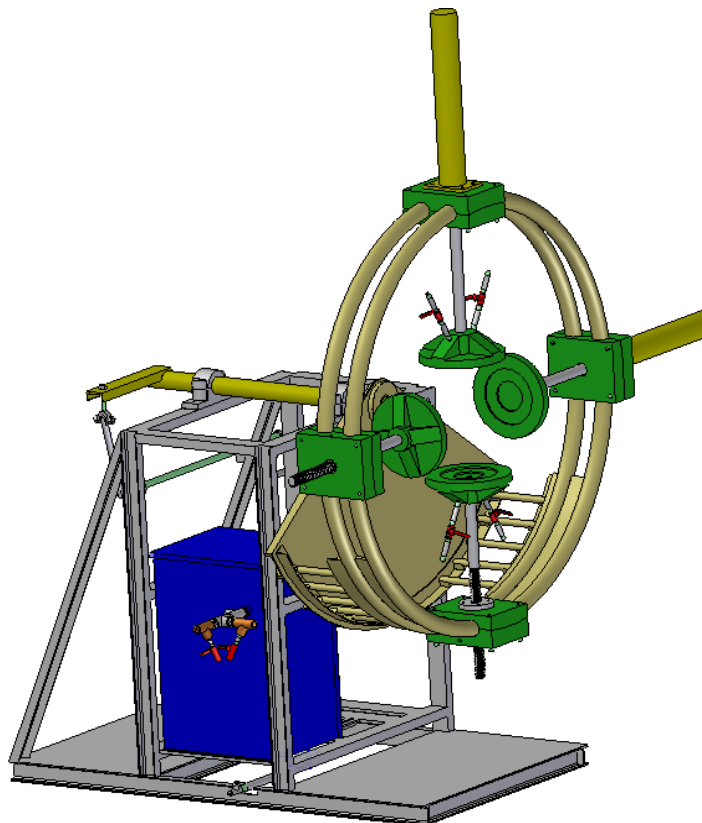
Figura 16. Diagrama de sistema eléctrico



4. MODELAMIENTO FINAL Y SELECCIÓN DE MATERIALES

Para lograr el producto final fueron muchos los factores que influyeron al momento de realizar la selección de los materiales, entre los principales se destacan la abundante materia prima que se recicla en la planta de producción, el costo de algunos materiales, la disponibilidad de insumos, la facilidad de fabricar piezas a la medida en fundición de hierro gris gracias a la disposición de un equipo de modelistas y fundidores de la fabrica IDEA Ltda. En la figura 17 se observa una vista general de los elementos que sostienen y sellan los accesorios a probar en su etapa de modelamiento.

Figura 17. Sistema modelado de soporte y sello de los accesorios a probar.



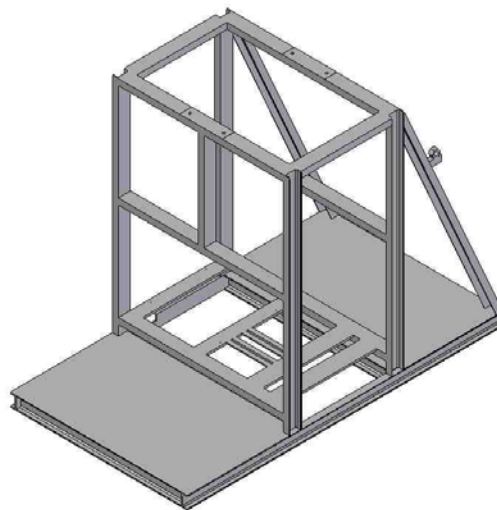
4.1 DESCRIPCIÓN PARTICULAR

A continuación se presenta el modelamiento y selección de elementos para cada una de las alternativas de los diferentes sistemas escogidos de los presentados en el capítulo 3.

4.1.1 Sistema estructural. Por el sistema estructural se entiende todo los elementos que sirven para sujetar los dispositivos y los sistemas de control requeridos por el banco de pruebas.

El chasis. Se considera por chasis al elemento que sostiene el marco de apoyo que a su vez sostiene los dispositivos de sujeción de los actuadores mecánicos e hidráulicos responsables de sellar y obtener la hermeticidad de los accesorios a probar. Otra condición para considerar a este como chasis fue que este es el único elemento que tiene contacto de los sistemas con el piso. Las dimensiones generales para este elemento son 2000mm X 1120mm X 1474mm. En la figura 18 se observa el modelo del chasis a fabricar.

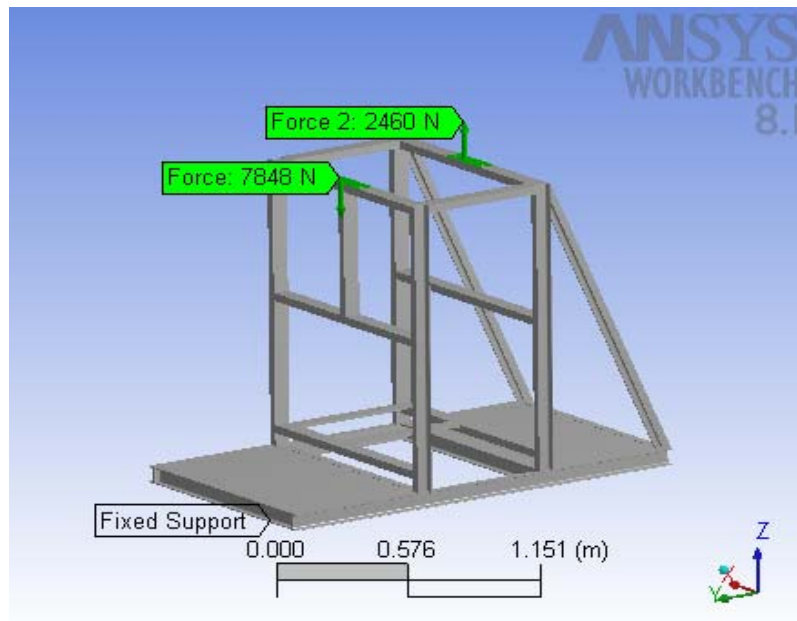
Figura 18. Modelamiento del chasis



Las fuerzas a considerar para este elemento son las fuerzas debidas al peso de los demás elementos, de esta consideración se tiene que la máxima carga se tiene para cuando el banco de pruebas se encuentra dispuesto en la prueba de un accesorio tipo doble Tee de 12" de diámetro nominal para esta situación se ha estimado un peso total de 800Kg. En este caso las reacciones en los soportes superiores son de 7846N y de 2460N.

En la figura 19 se observa el diagrama de cuerpo libre para el elemento denominado chasis donde se señalan las fuerzas actuantes con su magnitud y sentido, este elemento tiene como restricción principal a toda la superficie inferior que en la figura se denomina como *fixed support* que hace contacto con el piso y está sometido a la fuerza de dos reacciones que se ha denominado *Force* de 7848N y *Force 2* de 2460N donde se indica el área de trabajo que corresponde al área de contacto del chasis con las chumaceras que sostienen el eje del equipo.

Figura 19. Diagrama de cuerpo libre para el elemento chasis



El material seleccionado para la fabricación de este fue el perfil estructural tipo Canal C de 3" x 4.1 lb por pie lineal de material acero estructural A 36, la escogencia de este se hizo inicialmente por la disponibilidad de materia prima existente en la planta de producción y posteriormente se analizó la mejor configuración para la construcción de este.

Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo. Ver Figura 19.

Se tiene del acero estructural un esfuerzo admisible $\sigma_{ADMISIBLE}$ 249.9 MPa (36259 PSI) y un $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 147.7 MPa; una deformación máxima de 1.72 mm. Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad = $\sigma_{ADMISIBLE}$ material / $\sigma_{EQUIVALENTE}$ ver ecuación 4.1

EC 4.1. $N = \sigma_{ADMISIBLE}$ material / $\sigma_{EQUIVALENTE}$.

Para esta situación se tiene que $N = 1.69$

Se utilizó el programa CAE ANSYS WORKBENCH VERSION 8.1 para la comprobación de esfuerzos ver figura 21 y deformaciones máximas ver figura 20 y de este se tiene que

Figura 20. Análisis CAE de deformación del chasis

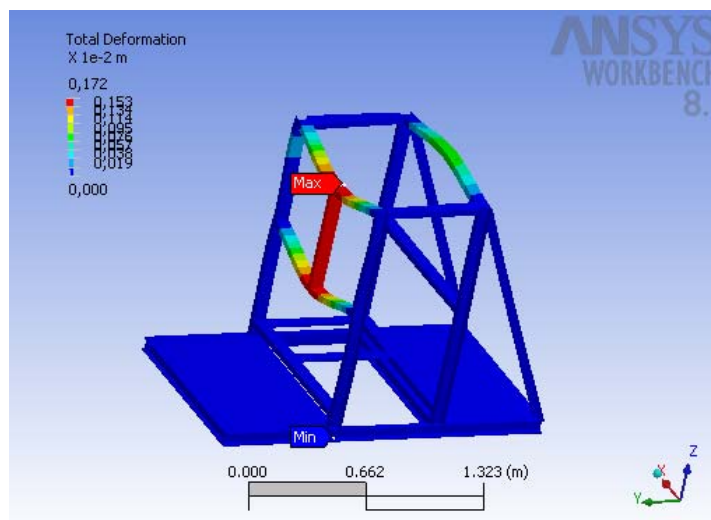
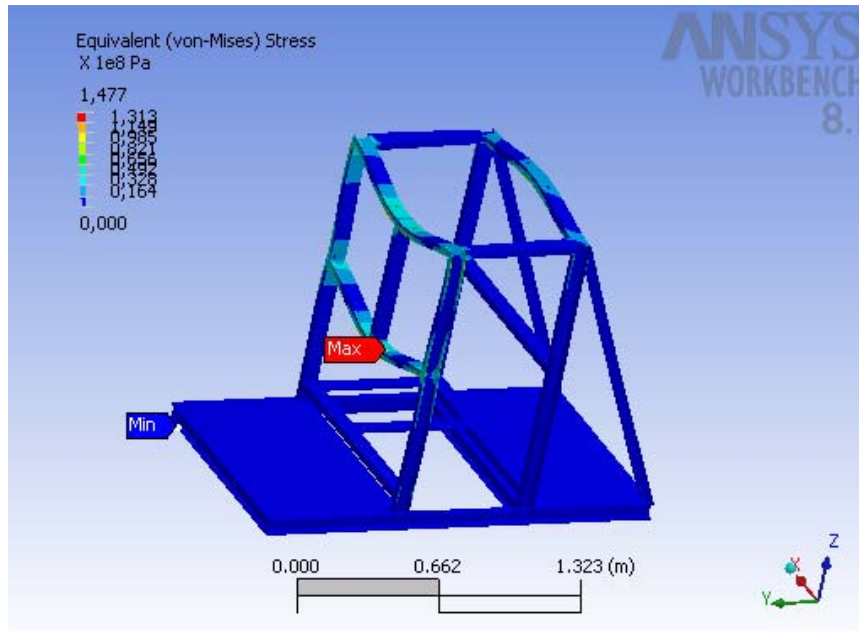


Figura 21. Análisis CAE de esfuerzo de chasis



El marco de apoyo. Se entiende por marco de apoyo al conjunto de elementos que permiten fijar los actuadores que dan el sello hermético a la prueba hidrostática. También se considera como marco de apoyo al elemento que sujeta el marco de apoyo con el chasis.

El primer elemento a analizar para describir el marco de apoyo del banco de pruebas es el tubo eje que permite pivotar los aros una vez haya sido ubicado el accesorio en posición de hermeticidad para posicionarlo en una posición tal que permita desalojar todo el aire dentro del accesorio, esto se consigue al colocar el drenaje de venteo en la parte más alta del accesorio que se quiere probar, para mejor comprensión de este sistema de posicionamiento ver capítulo 8 de manual de funcionamiento del equipo. En la figura 22 se muestra el modelado final para el elemento tubo eje, en la figura 23 se

presenta el diagrama de cuerpo libre considerado para analizar el comportamiento estructural de este elemento, en las figuras 24 y 25 se muestran los resultados del análisis estructural realizado por el software de CAE Ansys Workbench 8.1 de este elemento.

Figura 22. Elemento modelado del tubo eje

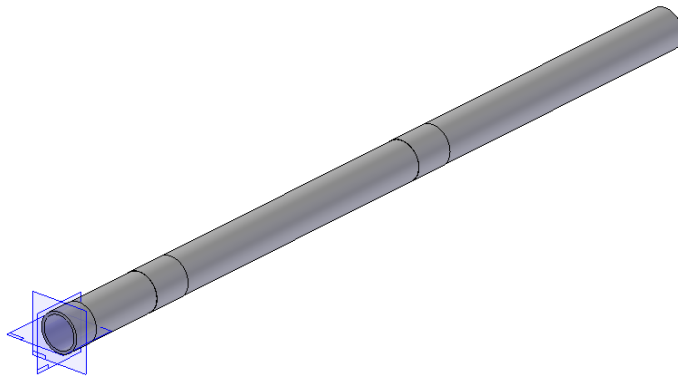


Figura 23. Diagrama de cuerpo libre para elemento tubo eje

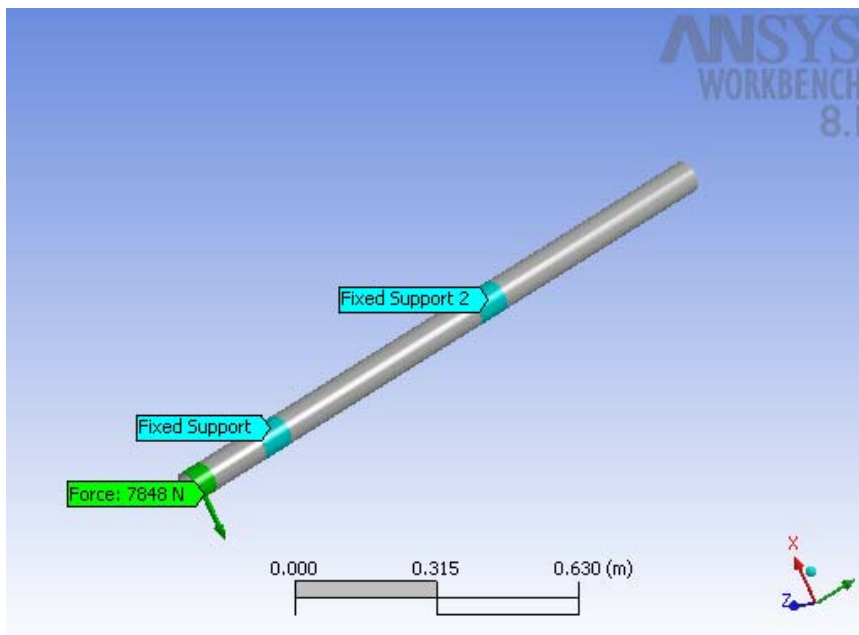


Figura 24. Análisis CAE de deformación del tubo eje

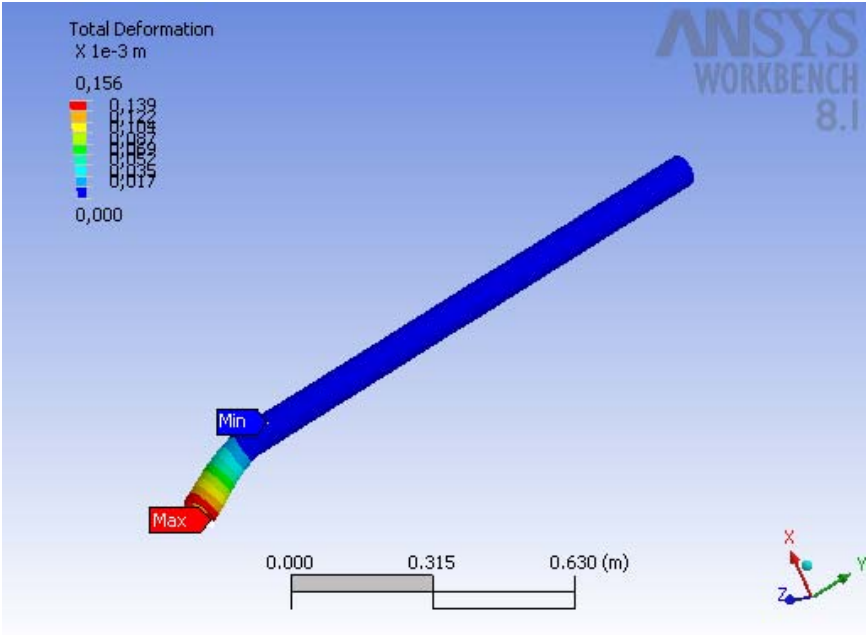
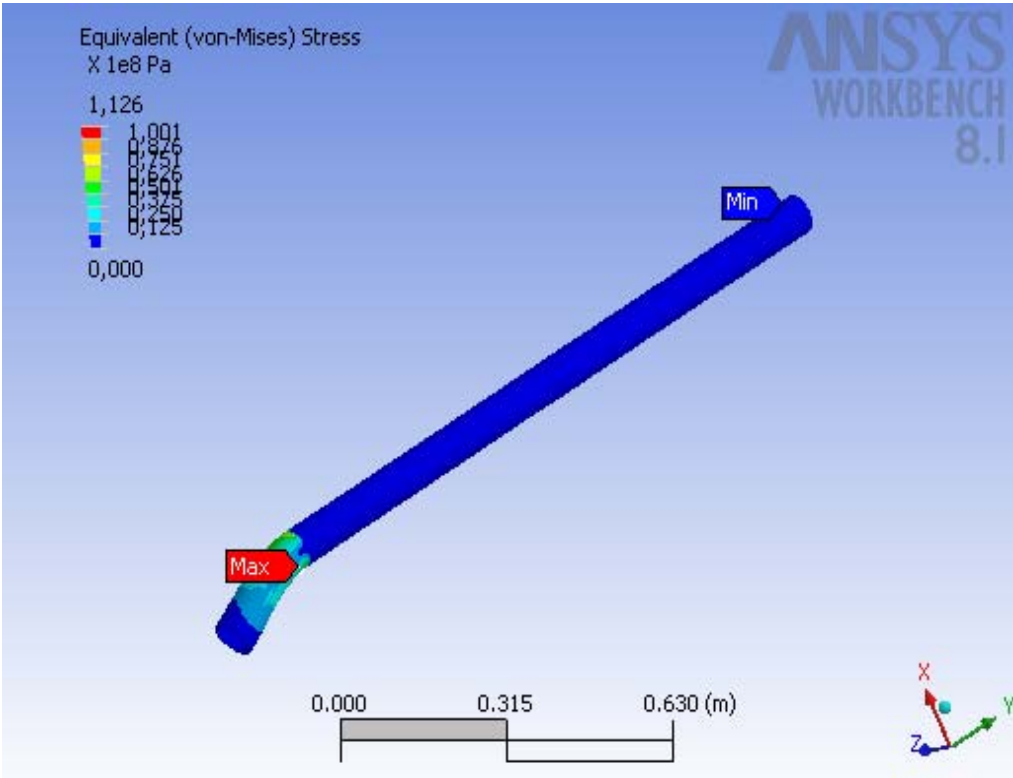


Figura 25. Análisis CAE de esfuerzo del tubo eje



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo (Ver figura 23). La posición de mayor esfuerzo para esta pieza se presenta al igual que el chasis en el momento de mayor carga estática producto del montaje con los accesorios más grandes y pesados como la tee doble de 12" para esta situación se ha estimado un peso total de 800Kg, por esto se tiene una prácticamente puntual en el extremo del elemento de 7846N y los dos soportes tipo chumaceras actúan como soportes fijos que reaccionan a esta fuerza.

El material empleado para la fabricación de este tubo eje, fue tubería de acero al carbono de diámetro nominal 2.5" y calibre Sch 40 que para este diámetro corresponde aprox a 5/16".

Para efectos prácticos se considero a este como si fuera material de acero estructural A 36, aunque el proceso de fabricación de la tubería hot rolled le dé un valor de resistencia mayor.

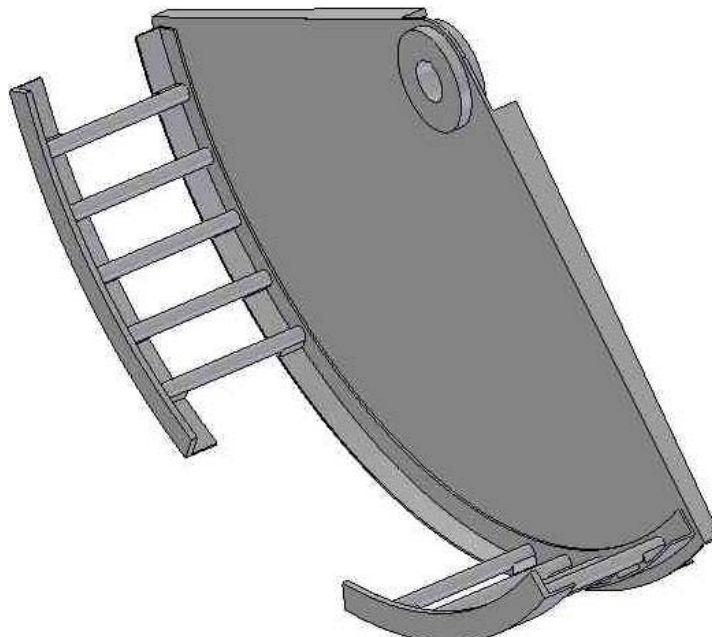
Se tiene del acero estructural un esfuerzo admisible $\sigma_{ADMISIBLE}$ 250MPa (36259 PSI) y para el accesorio tubo eje un esfuerzo equivalente de $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 112.6 MPa, y una deformación máxima de 0.156 mm.

Con estos datos y a partir de la ecuación 4.1 se tiene un factor de seguridad de $N = 2.22$

El siguiente elemento de estudio en el conjunto de marco de apoyo es la lamina marco de apoyo (ver figura 26) con sus barras de separación entre los aros y la lamina misma que le dan espacio de inspección al operario y a los

accesorio de diámetros grande, este elemento se analiza independientemente para registrar la deformación por flexión en la brida de unión con el tubo eje y el esfuerzo en las barras, para mejorar la rigidez de este fue necesario soldar platinas de refuerzo en posición radial y también dos bridas tipo Slip on para mejorar el área de contacto entre el tubo eje y la lamina de soporte. Este elemento será nuevamente objeto de análisis en el comportamiento de los aros bajo cargas ya que este se tiene unido rígidamente a los aros y no se puede desconocer este beneficio en el momento de analizar la carga de los aros.

Figura 26. Modelamiento del conjunto soporte aros

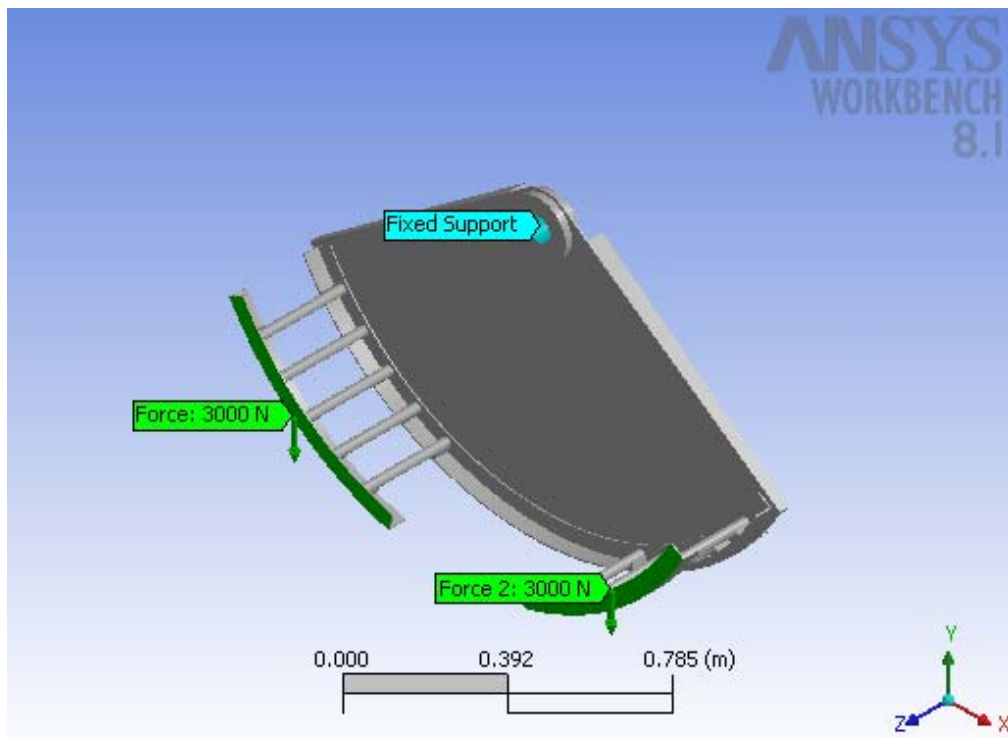


Las fuerzas a considerar para este elemento son las fuerzas debidas al peso de los demás elementos, de esta consideración se tiene que la máxima carga se tiene para cuando el banco de pruebas se encuentra dispuesto en la prueba de

un accesorio tipo doble Tee de 12" de diámetro nominal, para esta situación se ha estimado un peso total de 600Kg.

En la figura 27 se observa el diagrama de cuerpo libre para el elemento denominado conjunto soporte aros donde se señalan las fuerzas actuantes con su magnitud y sentido, este elemento tiene como restricción principal a toda la superficie interior de las bridas slip-on que en la figura se denomina como *fixed support* que hace contacto con el área del tubo eje y está sometido a la fuerza de dos reacciones que se ha denominado *Force* de 3000N y *Force 2* de 3000N donde se indica el área de trabajo que corresponde al área de contacto de los ángulos rolados con los aros de tubería que van rígidamente unidos por soldadura.

Figura 27. Diagrama de cuerpo libre para elemento conjunto soporte aros.



El material empleado para la fabricación de este subconjunto, fue lamina de acero estructural A36, ángulo de acero estructural A36 de perfil 2"X 3/16" rolado, eje en acero 1020 de diámetro 1 1/4" y platina de perfil 1.5" x 1/2".

Para efectos prácticos se considero a este como si todo fuera material de acero estructural A 36, aunque los elementos en acero 1020 tuviesen mayor resistencia.

Se utilizo el programa CAE ANSYS WORKBENCH VERSION 8.1 para la comprobación de esfuerzos ver figura 29 y deformaciones máximas ver figura 28 y de este se tiene que:

Figura 28. Análisis CAE de deformación del conjunto soporte aros.

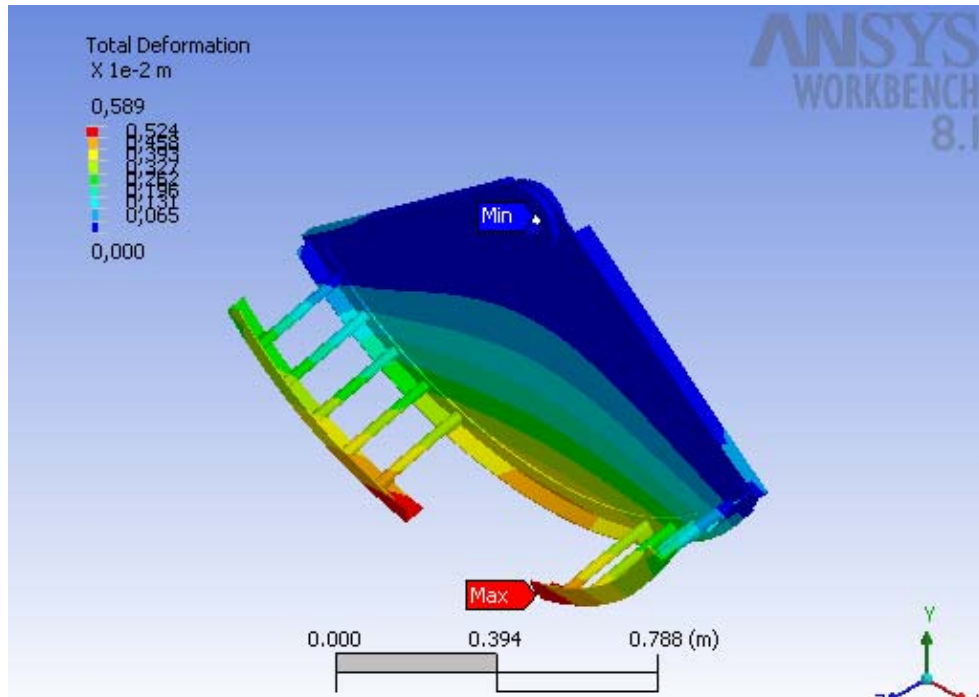
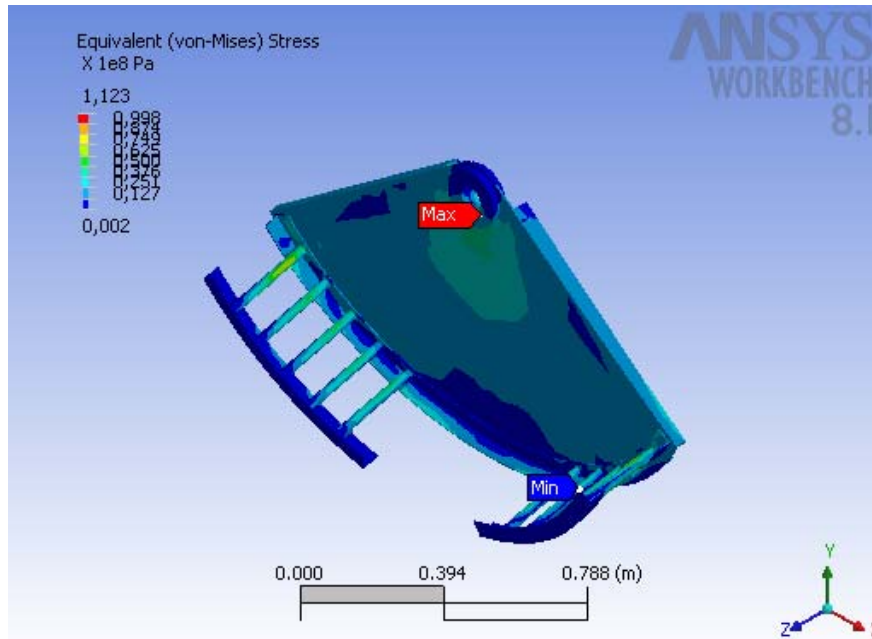


Figura 29. Análisis CAE de esfuerzo del conjunto soporte aros



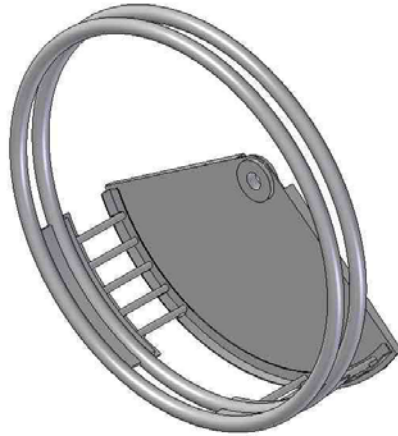
Se tiene del acero estructural un esfuerzo admisible $\sigma_{ADMISIBLE}$ 250GPa (36259 PSI) y para el elemento conjunto soporte aros un esfuerzo equivalente de $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 112 GPa y una deformación máxima de 5.89mm. Esta deformación solo se presenta en el proceso de simulación, debido a que la carga de esta pieza se simula como distribuida sobre la cara externa de los ángulos, se tiene una pequeña área de sobrecarga que en la realidad se refuerza con el conjunto de los aros, en la condición real la deformación máxima se presenta en la zona Naranja donde se puede leer una deformación de entre 3.5mm y 4mm, esta deformación no es crítica si se tiene en cuenta que las condiciones de trabajo de esta pieza fueron modeladas en las condiciones más extremas de trabajo es decir de accesorios como tee doble que la empresa solo produce bajo pedido.

Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad, por medio de la ecuación 4.1 se tiene que $N = 2.23$

Finalmente se puede presentar y analizar el subconjunto de marco de apoyo con aros para actuadores y accesorios de tubería a probar.

La dimensión más significativa para este elemento es el diámetro exterior de los aros que fue dado en 1770 mm. En la figura 30 se presenta el modelo final del elemento conjunto marco de apoyo.

Figura 30. Modelamiento Conjunto marco de apoyo



El análisis de fuerzas para este elemento fueron muy diversas ya que es el elemento del banco de pruebas que más sufre variaciones en su configuración de uso según la geometría del accesorio que se quiera probar, se consideraron tres situaciones como las de mayor importancia para ser objeto de muestra del estudio que se le realizó a esta pieza.

En la figura 31 se observa el diagrama de cuerpo libre para el elemento denominado conjunto marco de apoyo donde se señalan las fuerzas actuantes con su magnitud y sentido, este elemento tiene como restricción principal la misma condición señalada en la figura 27 y descrita en el elemento anterior

que señala un elemento parcial del denominado conjunto marco de apoyo, se consideraron las cargas presentes en los aros para cuando se está realizando una prueba hidrostática a un accesorio tipo tee doble de 12" de diámetro nominal, en este caso se encuentra que los aros están sometidos a unas fuerzas simétricas y en 4 puntos equidistantes. La simetría que proporcionan el círculo formado por los dos aros rolados permite que las fuerzas se encuentren equidistantes. Las fuerzas en este caso son casi puntuales y actúan sobre los elementos denominados abrazaderas, estos se han modelado junto con los aros para aproximar más el modelo a la realidad actuando la fuerza sobre las abrazaderas que se sujetan rígidamente a los aros del conjunto marco de apoyo y el valor de la fuerza actuante se obtiene de la presión de prueba hidrostática multiplicada por el área del accesorio y así la fuerza que deben realizar los actuadores para mantener la hermeticidad en los accesorios, es decir:

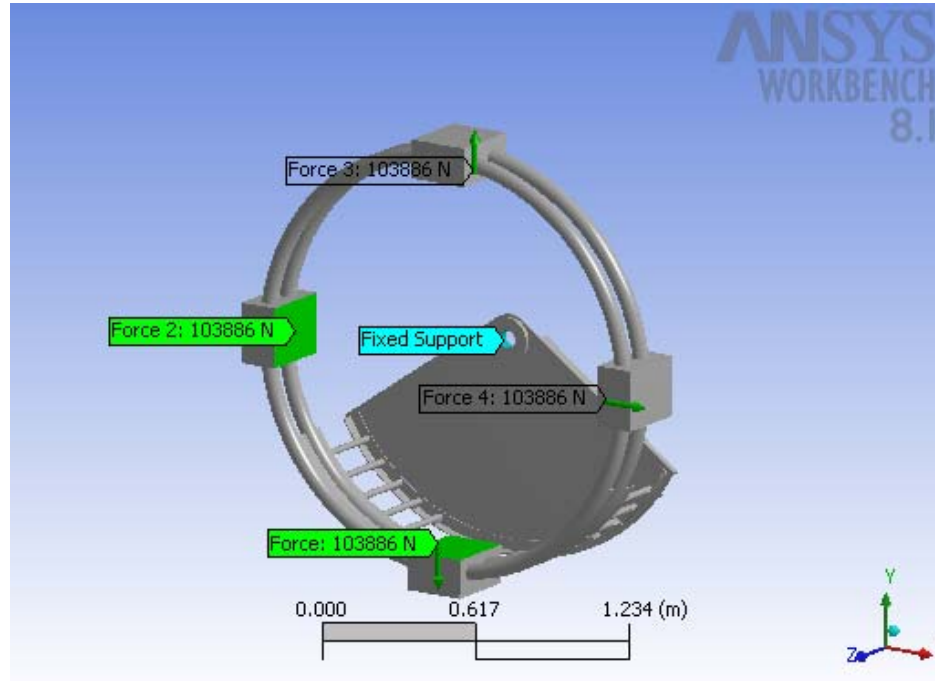
Presión de prueba hidrostática para accesorios de 12" es igual a 225 Psi o 1.5 veces la presión nominal de trabajo de 150 psi.

Se tiene que $\text{Presión} = (\text{Fuerza} / \text{Área})$ donde presión es la presión de prueba hidrostática exigida para la prueba hidrostática, Área es el área obtenida del diámetro interior del accesorio y Fuerza es la fuerza que se obtiene de esa presión en el área dada.

Ecuación 4.2 $P = F / A$

Se tiene entonces que $\text{Fuerza} = 225 \text{ psi} \times 103.8 \text{ pulgadas cuadradas} = 23.354\text{LBF}$ o 10386N.

Figura 31. Diagrama de cuerpo libre para el elemento marco de apoyo en montaje tipo cruz de 12" x 12"



El material empleado para la fabricación de los aros fue tubería de acero al carbono de diámetro nominal 2.5" y calibre Sch 80 que para este diámetro corresponde aprox a 5/16", Para efectos prácticos se considero a este como si fuera material de acero estructural A 36, aunque el proceso de fabricación de la tubería hot rolled le dé un valor de resistencia mayor.

Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo. Ver Figura 31

Se utilizo el programa CAE ANSYS WORKBENCH VERSION 8.1 para la comprobación de esfuerzos ver figura 33 y deformaciones máximas ver figura 32.

Figura 32 Análisis CAE de deformación de subconjunto marco apoyo

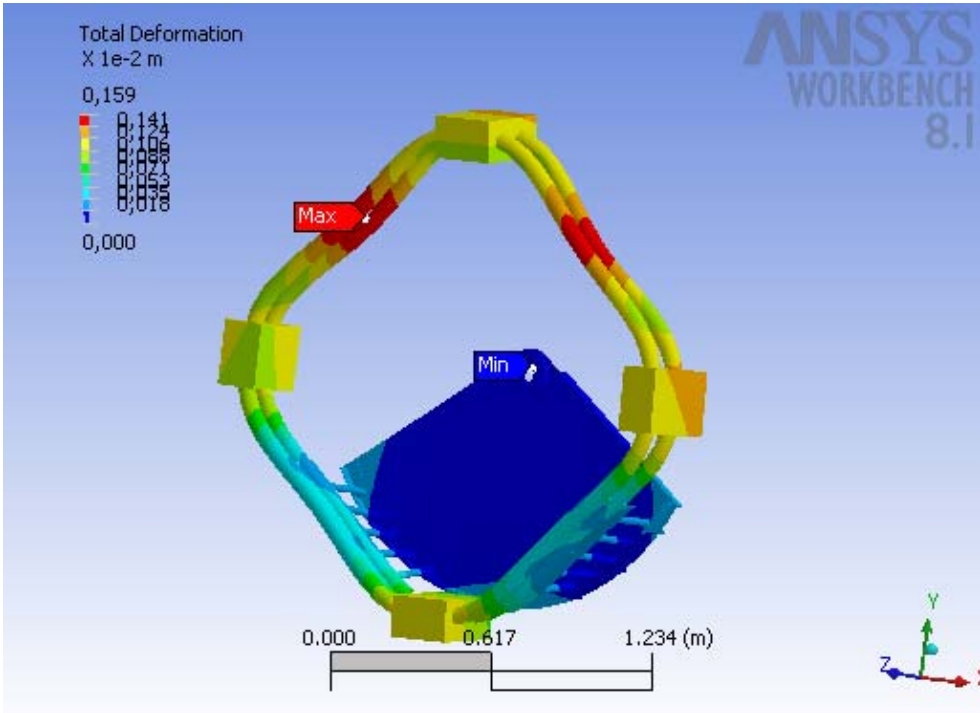
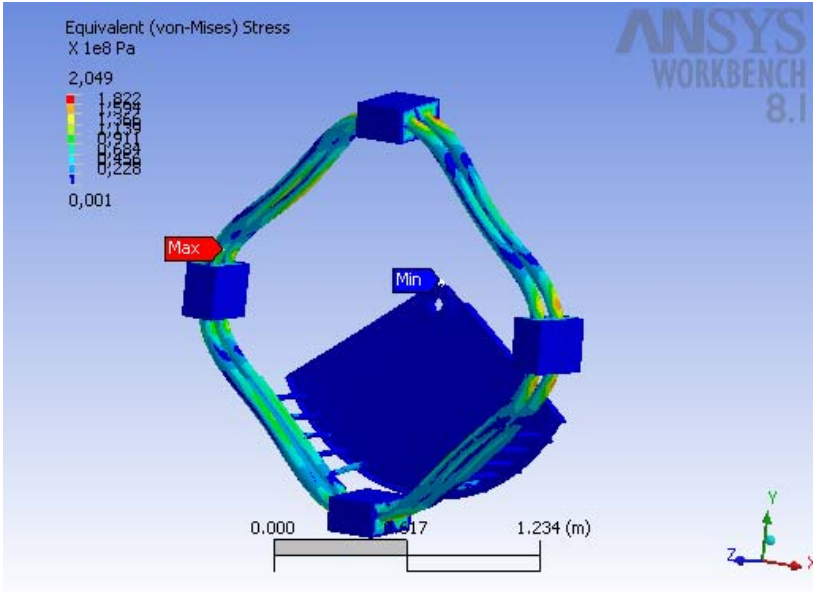


Figura 33. Análisis CAE de esfuerzo del subconjunto marco apoyo



Se tiene del acero estructural un esfuerzo admisible $\sigma_{ADMISIBLE}$ 250GPa (36259 PSI) y para el conjunto marco de apoyo con un montaje tipo cruz de 12" a 225PSI un esfuerzo equivalente $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 204.9 GPa y una deformación máxima de 1.59mm.

Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad. Ver ecuación 4.1. Para esta situación se tiene que $N = 1.22$.

También se considero la situación que se presenta al probar accesorios tipo codos donde se tiene dos actuadores haciendo una fuerza de sellado y otro que realiza una fuerza de restricción de estas dos anteriores, el resultado de esta otra fuerza es la resultante de las componentes de las dos anteriores en la línea de fuerza que esta posicionado el tercer actuador. Es decir para la prueba de un accesorio tipo codo a 90 grados de 12" se tienen dos fuerzas de sellado de 36937 N cada una y una fuerza de restricción del tercer actuador que es la resultante de las otras dos de 52235N el valor de estas fuerzas de sellado corresponde a la fuerza requerida para sellar un codo a 90 grados de diámetro nominal de 12" a una presión de prueba hidráulica de 70 psi. La situación más crítica se tiene para codos a 90 grados donde la resultante se puede calcular por teorema de Pitágoras, entonces se tiene que la máxima fuerza de sellado es de 36937 N que para un área de 12" de diámetro nominal serian 70 PSI.

En la figura 34 se presenta el diagrama de cuerpo libre para la situación del marco de apoyo con un montaje de accesorio tipo codo a 90 grados de diámetro nominal 12" a una presión hidrostática de 70 PSI. En la figura 35 y figura 36 se presentan los resultados del análisis hechos por el programa CAE para la deformación máxima y el análisis de esfuerzos.

Figura 34. Diagrama de cuerpo libre para elemento marco de apoyo en montaje codo a 90 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 70 psi.

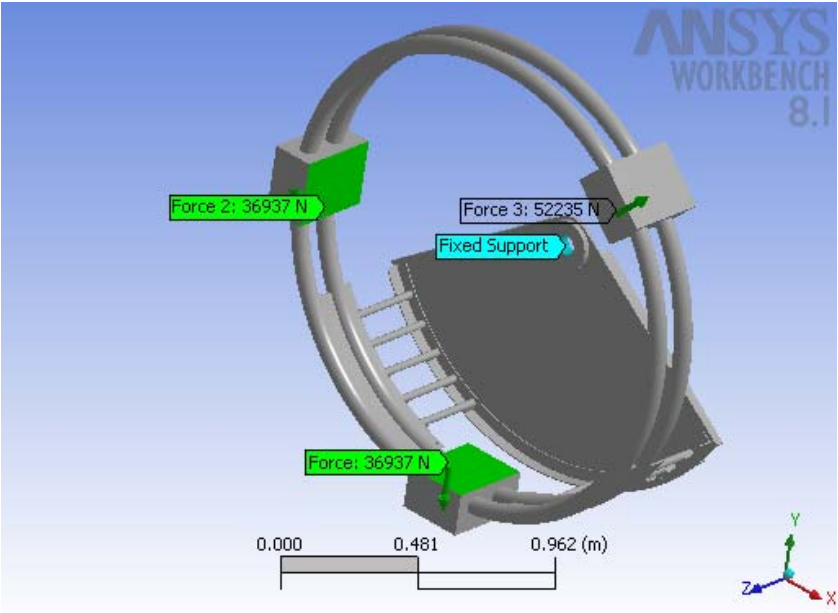


Figura 35. Análisis CAE de deformación subconjunto marco apoyo en montaje codo a 90 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 70 psi.

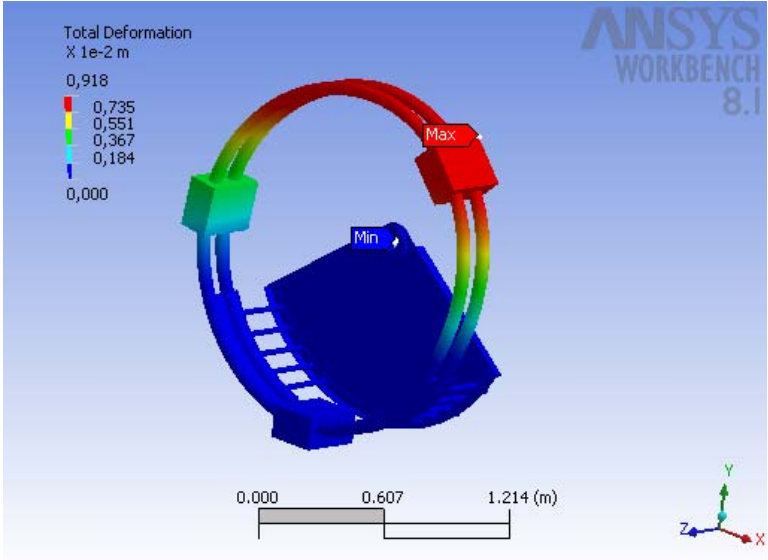
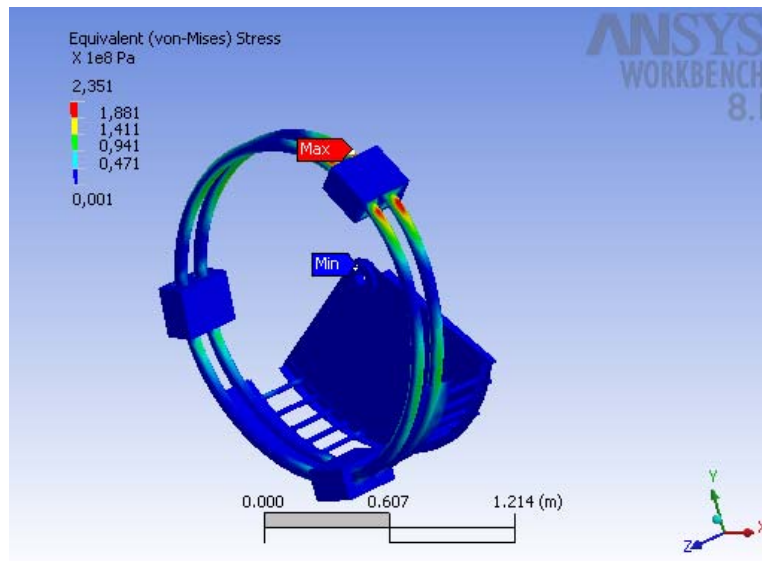


Figura 36. Análisis CAE de esfuerzo del subconjunto marco apoyo en montaje codo a 90 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 70 psi.



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo.

Se tiene del acero estructural un esfuerzo admisible $\sigma_{ADMISIBLE}$ 250MPa (36259 PSI) y para el elemento marco de apoyo en montaje de accesorio a 90 grados un esfuerzo equivalente de $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 235 MPa y una deformación máxima de 9.18 mm.

Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad a partir de la ecuación 4.1.

Para esta situación se tiene que $N = 1.063$

De esta situación se concluye que la prueba de un accesorio como por ejemplo un codo no puede ser probado a la presión máxima de prueba ya que el desequilibrio de las fuerzas terminaría colapsando la estructura soporte, la máxima fuerza de prueba para accesorios como codos se determina con la restricción de que la fuerza resultante no puede ser mayor a 52235 N.

También se considero la situación que se presenta al probar accesorios tipo codo a 11.25 grados donde se tiene dos actuadores haciendo una fuerza de sellado y otro que realiza una fuerza de restricción de estas dos anteriores, el resultado de esta otra fuerza es la resultante de las componentes de las dos anteriores en la línea de fuerza que esta posicionado el tercer actuador. Es decir para la prueba de un accesorio tipo codo a 11.25 de 12" se tienen dos fuerzas de sellado de 27702 N cada una y una fuerza de restricción del tercer actuador que es la resultante de las otras dos de 5426N el valor de estas fuerzas de sellado corresponde a la fuerza requerida para sellar un codo a 11.25 grados de diámetro nominal de 12" a una presión de prueba hidráulica de 60 psi. La situación más crítica se tiene para codos a 11.25 grados donde la resultante se puede calcular por teorema de Pitágoras, entonces se tiene que la máxima fuerza de sellado es de 27702 N que para un área de 12" de diámetro nominal serian 60 PSI.

En la figura 37 se presenta el diagrama de cuerpo libre para la situación del marco de apoyo con un montaje de accesorio tipo codo a 11.25 grados de diámetro nominal 12" a una presión hidrostática de 60 PSI. En la figura 38 y figura 39 se presentan los resultados del análisis hechos por el programa CAE para la deformación máxima y el análisis de esfuerzos.

Figura 37. Diagrama de cuerpo libre para elemento marco de apoyo en montaje codo a 11.25 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 60 psi

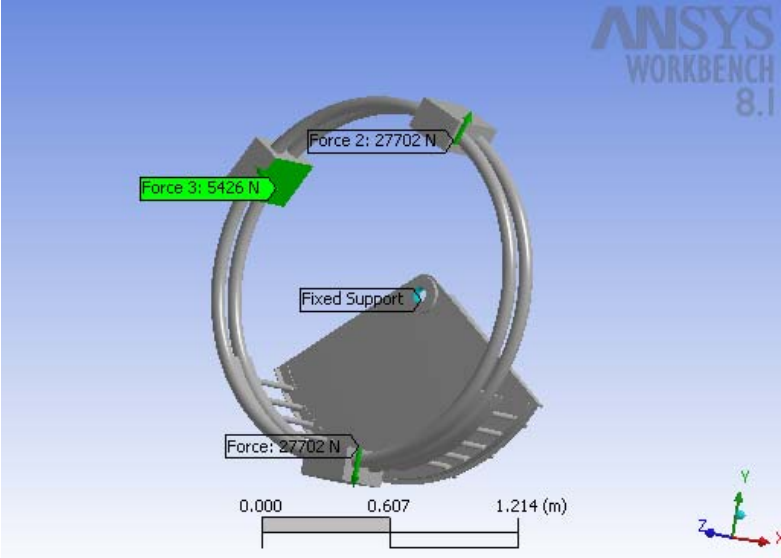


Figura 38. Análisis CAE de deformación subconjunto marco apoyo en montaje codo a 11.25 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 60 psi.

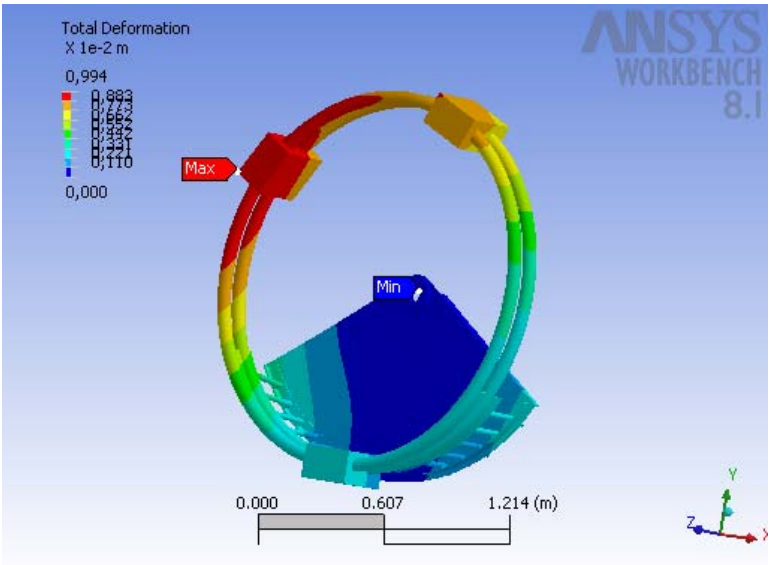
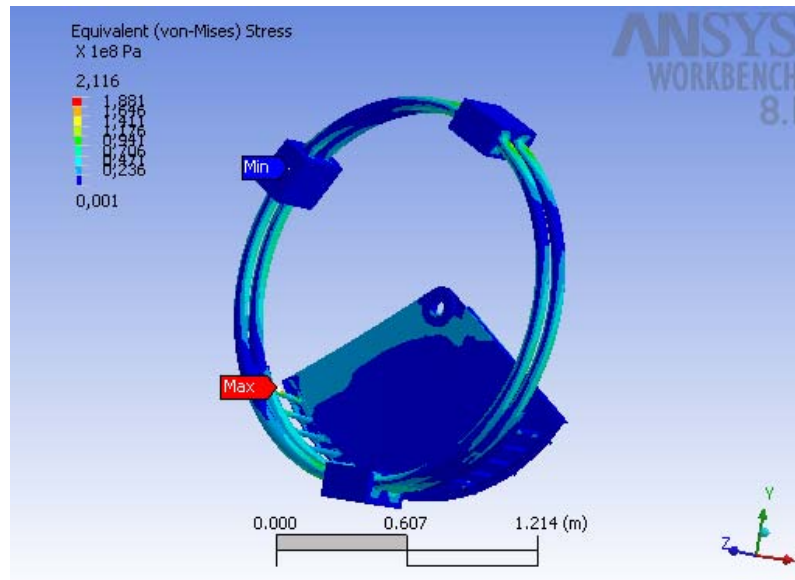


Figura 39. Análisis CAE de esfuerzo del subconjunto marco apoyo en montaje codo a 11.25 grados de diámetro nominal 12" a presión de prueba hidráulica de 60 psi.



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo.

Se tiene del acero estructural un esfuerzo admisible $\sigma_{ADMISIBLE}$ 250MPa (36259 PSI) y del conjunto marco de apoyo en montaje mostrado en la figura 37 un esfuerzo equivalente de $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 211 MPa y una deformación máxima de 9.18 mm.

Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad a partir de la ecuación 4.1.

Para esta situación se tiene que $N = 1.18$

De esta situación se concluye que la prueba de un accesorio como por ejemplo un codo a 11.25 grados no puede ser probado a la presión máxima de prueba ya que el desequilibrio de las fuerzas terminaría colapsando la estructura soporte, la máxima fuerza de prueba para accesorios como codos se determina con la restricción de que la fuerza de sellado no puede ser mayor a 27702N.

También se considero la situación que se presenta al probar accesorios tipo reducción donde se tiene dos actuadores haciendo una fuerza de sellado. Es decir para la prueba de un accesorio tipo reducción de 12" de diámetro mayor se tienen dos fuerzas de sellado de 42712 N cada una.

El valor de estas fuerzas de sellado corresponde a la fuerza requerida para sellar un accesorio tipo reducción de diámetro nominal mayor de 12" a una presión de prueba hidráulica de 90 psi.

En la figura 40 se presenta el diagrama de cuerpo libre para la situación del marco de apoyo con un montaje de accesorio tipo reducción de diámetro nominal mayor 12" a una presión hidrostática de 90 PSI.

En la figura 41 y figura 42 se presentan los resultados del análisis hechos por el programa CAE para la deformación máxima y el análisis de esfuerzos.

Figura 40. Diagrama de cuerpo libre para elemento marco de apoyo en montaje reducción de diámetro nominal mayor de 12" a presión de prueba hidráulica de 90 psi

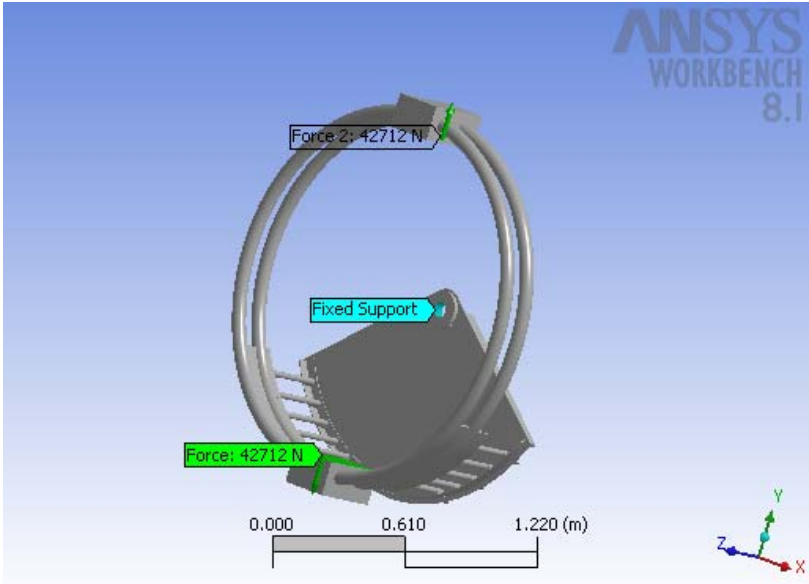


Figura 41. Análisis CAE de deformación subconjunto marco apoyo en montaje reducción de diámetro nominal mayor 12" a presión de prueba hidráulica de 90 psi

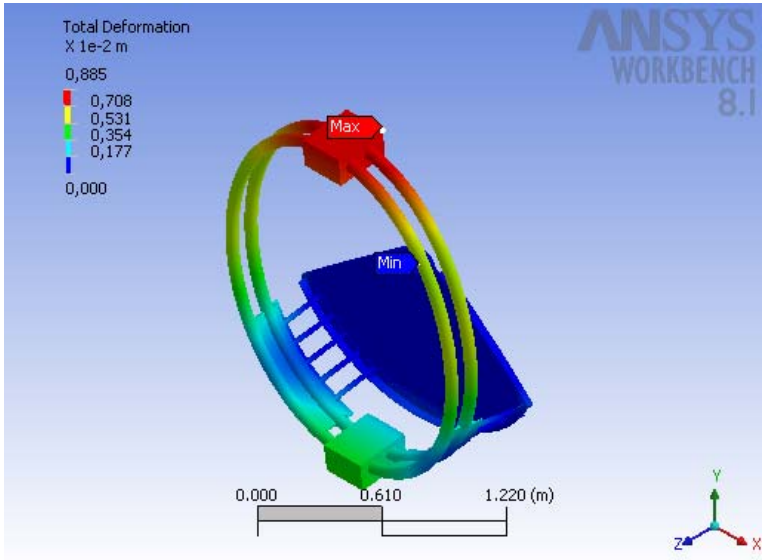
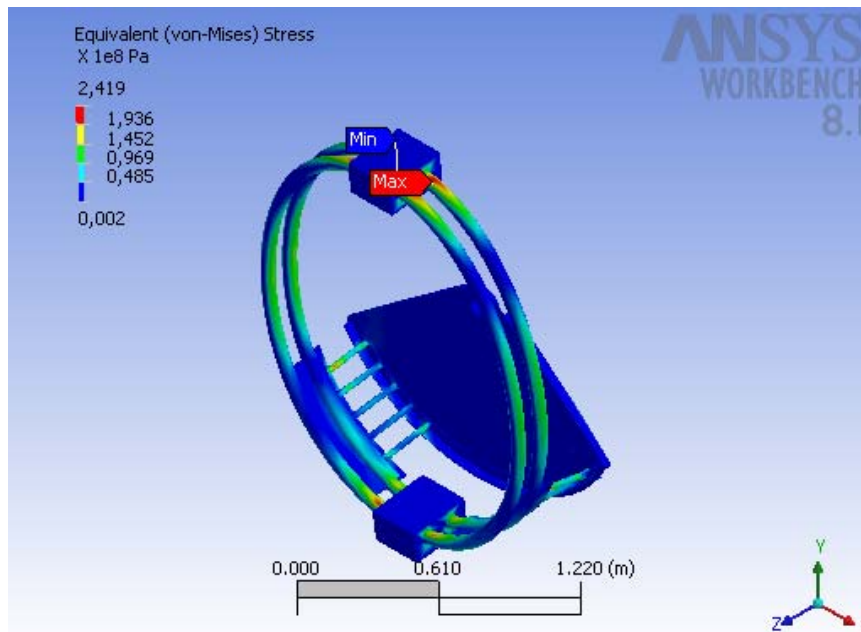


Figura 42 Análisis CAE de esfuerzo del subconjunto marco apoyo en montaje reducción de diámetro nominal mayor 12" a presión de prueba hidráulica de 90 psi.



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo.

Se tiene del acero estructural un esfuerzo admisible $\sigma_{ADMISIBLE}$ 250MPa (36259 PSI) y del conjunto marco de apoyo mostrado en la figura 40 un esfuerzo equivalente de $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 241 MPa y una deformación máxima de 9.18 mm. Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad a partir de la ecuación 4.1.

Para esta situación se tiene que $N = 1.03$

De esta situación se concluye que la prueba de un accesorio como por ejemplo una reducción no puede ser probado a la presión máxima de prueba ya que la distribución de las fuerzas terminaría colapsando la estructura soporte, la

máxima fuerza de prueba para accesorios como codos se determina con la restricción de que la fuerza de sellado no puede ser mayor a 42712N.

Del análisis anterior se tiene que la presión de prueba para los accesorios es independiente del diámetro nominal del accesorio y de su forma pues cada caso presenta distribuciones de fuerza diferentes, por esto se calculo la presión de prueba y su respectiva fuerza de sellado para cada accesorio y el resultado se presenta en la cuadro 7 graduación de sistema oleohidráulico

Cuadro 7. Graduación de sistema Oleohidráulico y sistema hidráulico

ACCESORIOS	PRESIÓN DE PRUEBA HIDRÁULICA PSI	FUERZA SISTEMA HIDRÁULICO N	PRESIÓN SISTEMA OLEOHIDRÁULICO PSI	FUERZA SISTEMA OLEOHIDRÁULICO N	FUERZA DE REACCIÓN CODOS
codo 90 grado 12"	70	32320	800	34170	48316
codo 90 grados 10"	100	32504	800	34170	48316
codo 90 grados 8"	150	30570	800	34170	48316
codo 90 grados 6"-4"-3"-2"	225	25971	800	34170	48316
codo 45 grados 12"	60	27002	640	27636	19585
codo 45 grados 10"	80	26003	640	27636	19585
codo 45 grados 8"	135	27513	640	27636	19585

ACCESORIOS	PRESIÓN DE PRUEBA HIDRÁULICA PSI	FUERZA SISTEMA HIDRÁULICO N	PRESIÓN SISTEMA OLEOHIDRÁULICO PSI	FUERZA SISTEMA OLEOHIDRÁULICO N	FUERZA DE REACCIÓN CODOS
codo 45 grados 6"-4"-3"-2"	225	25971	640	27636	19585
codo 22 grados 12"	60	27002	640	27636	10626
codo 22 grados 10"	80	26003	640	27636	10626
codo 22 grados 8"	135	27513	640	27636	10626
codo 22 grados 6"-4"-3"-2"	225	25971	640	27636	10626
codo 11 grados 12"	60	27702	640	27636	5426
codos 11 grados 10"	80	26003	640	27636	5426
codos 11 grados 8"	135	27513	640	27636	5426
codo 11 grados 6"-4"-3"-2"	225	25971	640	27636	5088
reducciones 12"	90	41554	1000	42712	NA
reducciones 10"	140	45506	1000	42712	NA
reducciones 8"	200	40760	1000	42712	NA
reducciones 6"- 4"-3"	225	25971	1000	42712	NA
cruz y tee 12"	140	55405	1600	68340	NA
cruz y tee 10"	200	64640	1600	68340	NA
cruz y tee 8"-6"- 4"-3"-2"	225	45855	1600	68340	NA

4.1.2 Sistemas de sujeción mecánico y oleohidráulico. Este subconjunto de elementos esta contenido por lo que se ha denominado como brida abierta y conjunto de actuadores, por medio de estos elementos es posible modificar la posición de los actuadores y tapones para permitir probar accesorios de distintas geometrías.

Conjunto tuerca y tornillo de potencia. Este conjunto está compuesto por dos actuadores mecánicos de operación manual de posicionamiento sobre los cuales se ubica el accesorio inicialmente para luego sellarlos con los actuadores hidráulicos.

a) El tornillo de potencia. El elemento denominado tornillo de potencia es uno de los dos tipos de actuadores de posicionamiento, tiene un diámetro de 44.45 mm una longitud total de 600mm con una rosca tipo ACME de paso 0.5" en una extensión de 450mm y en su punta superior un mecanizado de rosca UNC recta a un diámetro de 1.25" y una longitud de 1.5" o 38.1mm para sujetar el elemento que requiera el montaje, siendo estos tapón o dispositivo de montaje.

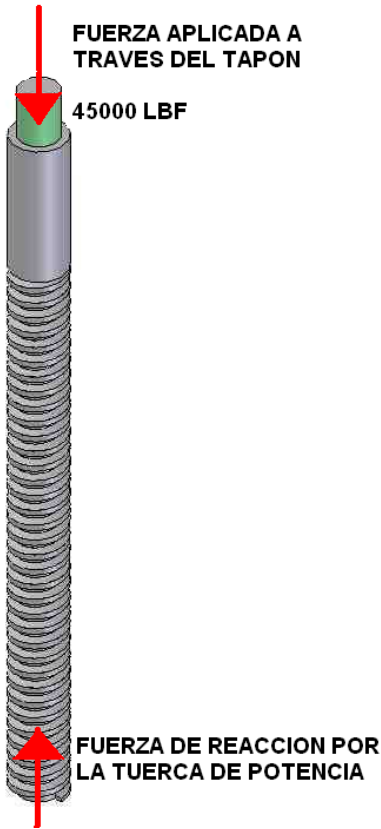
Este conjunto es de operación manual, es decir el desplazamiento para el posicionamiento del tapón sujeto por un tornillo se hace al girar manualmente el tornillo con respecto a la tuerca por parte del operario.

El elemento final modelado se presenta en la figura 43 y en el diagrama de cuerpo libre en la figura 44.

Figura 43. Modelamiento de Tornillo de potencia



Figura 44. Diagrama de cuerpo libre para el elemento tonillo de potencia



El primer requisito para este subconjunto es el de sostener la carga por un tiempo indefinido, es decir no debe ser auto reversible.

Los cálculos consignados a continuación fueron efectuados a un tornillo de potencia considerándolo en su momento de mayor trabajo es decir para cuando se está taponando un accesorio de diámetro nominal 12" y a 225 PSI. Para estos se uso un eje acero SAE 1045 calibrado de diámetro 1.75" con un modulo de elasticidad $E = 30 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ y un $S_y = 52 \text{ Kg/mm}^2$ el cual se encontraba en stock en el almacén de materiales de la empresa.

La metodología empleada para el cálculo del tornillo y Tuerca de potencia es la propuesta por el modulo Diseño de Maquinas I Año 2003 del profesor Ing. Leónidas Vásquez.

Primero se analiza el tornillo de potencia como columna.

Para determinar si este trabaja realmente como columna se analiza si la carga actúa a compresión y su longitud entre apoyos es mayor o igual a $8 d_r$ siendo d_r como el diámetro raíz del tornillo.

Se tiene para este caso que $d_r = 31.76 \text{ mm}$ y una longitud entre apoyos 450 entonces

$$450 > 8 \times 31.76 \text{ mm} = 254 \text{ mm}$$

Como se tiene que 8 veces d_r es superior a la longitud del tornillo se debe analizar como columna.

Considerando una excentricidad de 1" en la carga axial que trabaja sobre los tornillos producto de desalineamientos por deformaciones plásticas en el conjunto por procesos de taller involucrados en las piezas del montaje especialmente los aros se tiene que la ecuación a utilizar es la fórmula de secante para columnas largas es la presentada como ecuación 4.3

Ecuación 4.3

$$\sigma_c = \frac{P_c}{A} \left[1 + \left(\left(\frac{e \times c}{r_g^2} \right) \left(\sec \left(Re \times \sqrt{\frac{P_c}{4 \times A \times W \times E}} \right) \right) \right) \right]$$

Los elementos encontrados en la ecuación 4.3 son

σ_c = Se define como el esfuerzo de columna

e = excentricidad de la carga

C = distancia del eje neutro a la fibra más lejana de la sección transversal, para el caso de un tornillo de potencia se tiene que dr es diámetro raíz y r_r radio

raíz

Ecuación 4.4 $C = d_r / 2 = r_r$

E = modulo de elasticidad del material

A = Área resistente de sección transversal

W = Carga sobre el tornillo

P_c = Carga critica

R_g = Radio de giro de la sección donde I es el momento de inercia que para nuestro caso es el de una sección circular maciza

Ecuación 4.5 $R_g = \sqrt{I/A}$

Re = Relación de esbeltez

Ecuación 4.6 $Re = L_{eq} / R_g$

L_{eq} = Longitud equivalente $L_{eq} = K \times L$ Siendo k un factor de corrección de longitud de columnas que según su condición de extremos empotrado y libre

se debe considerar como 2.1 y considerando L con un total de 500mm se tiene que

$$\text{Ecuación 4.7 } Leq = K \times L$$

Cc = Cambio critico

$$\text{Ecuación 4.8 } Cc = \sqrt{(2 E \pi^2 / Sy)}$$

Para un acero 1045 se tienen las siguientes características de material

$$Su = 88000 \text{ PSI}$$

$$Sy = 73800 \text{ PSI}$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ PSI}$$

$$\text{De la ecuación 4.4 } Leq = K \times L \rightarrow Leq = 2.1 \times 500 = 1050\text{mm}$$

$$\text{De la ecuación 4.5 } Rg = \sqrt{(I/A)} \rightarrow I = (\pi d^4/64) = 49944 \text{ mm}^4 \rightarrow Rg = 63\text{mm}$$

$$A = \pi r^2 = 792.22 \text{ mm}^2$$

$$\text{De la ecuación 4.6 } Re = Leq / Rg \rightarrow Re = 1050\text{mm} / 63\text{mm} \rightarrow Re = 16.67$$

$$\text{De la ecuación 4.8 } Cc = \sqrt{(2 E \pi^2 / Sy)} \rightarrow Cc = 89.57$$

Por teoría de análisis de columnas se tiene que para cuando $Re < Cc$ se tiene una columna intermedia y se analiza por el método de Jonson, pero como se explico anteriormente el tratamiento de la excentricidad obliga al tratamiento por el método de la secante.

De la ecuación de la secante presentada como ecuación 4.3 se tiene que:

$$\sigma_c = \frac{P_c}{1.22^{n^2}} \left[1 + \left(\left(\frac{1'' \times 0.625''}{63^2} \right) \left(\sec \left(16.67 \times \sqrt{\frac{P_c}{4 \times 1.22^{n^2} \times 26455 \times 30 \times 10^6}} \right) \right) \right) \right]$$

Con un factor de seguridad $N = 2$ se tiene un σ_c de

$$\sigma_c = S_y / N \quad \sigma_c = 73800 / 2 = 36900$$

Con este valor de σ_c se itera con P_c para encontrar un valor que sea igual al σ_c y su factor de seguridad que se quiere trabajar se tiene que :

Para un P_c de 59445 lbf se tiene un σ_c de 48726 y $36900 < 48726$

Para un P_c de 45000 lbf se tiene un σ_c de 36885 y $36900 \approx 36885$

Por lo anterior se concluye que se cuenta con una capacidad de carga crítica de 45000 lbf y para una fuerza real de aplicación de la máquina de 25447 lbf se tendría un factor de seguridad de

$$N = P_c / P_{adm} = 1.77$$

Se concluye por lo tanto que el diámetro de material disponible por la empresa de acero SAE 1045 de diámetro 1 3/4" es viable para su uso ya que no fallara por efectos de columna.

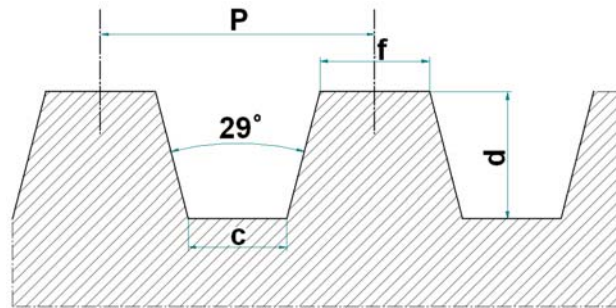
Para la selección del tipo de rosca se ha elegido una rosca americana tipo ACME de paso 0.5 las características del maquinado se describen a partir de las siguientes ecuaciones que detallan las características del maquinado para una rosca tipo ACME. El paso se indica por la letra P. Estos parámetros están representados en la figura 45.

Ecuación 4.9 $d = 0.5 \times P + 0.0098$ pulg. $\rightarrow d = 0.2598$ pulg

Ecuación 4.10 $c = 0.3707 \times P - 0.00512$ pulg. $\rightarrow c = 0.1802$ pulg

Ecuación 4.11 $f = 0.3707 \times P \rightarrow f = 0.1853$ pulg

Figura 45. Parámetros de maquinado para una rosca ACME americana.



Fuente: Maquinas. Calculos de taller. A. Casillas

b) Tuerca de potencia. Para la fabricación de la tuerca de potencia se considero la fabricación de esta en bronce y en hierro gris, debido a la disponibilidad del hierro gris en la fábrica de la empresa se procedió a diseñar la mejor forma para la tuerca.

En la figura 46 se presenta el esquema modelado del elemento tuerca de potencia y en la figura 47 se muestra el diagrama de cuerpo libre para esta.

Figura 46. Elemento denominado tuerca de potencia modelado

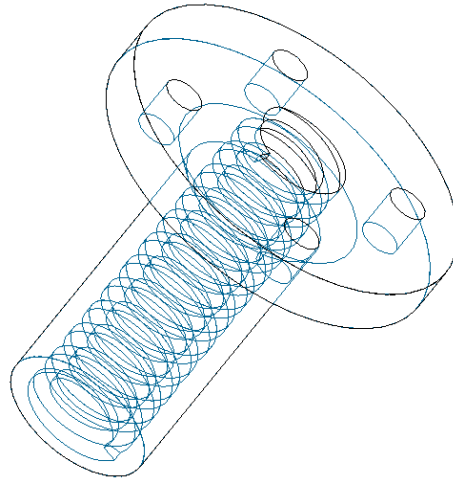
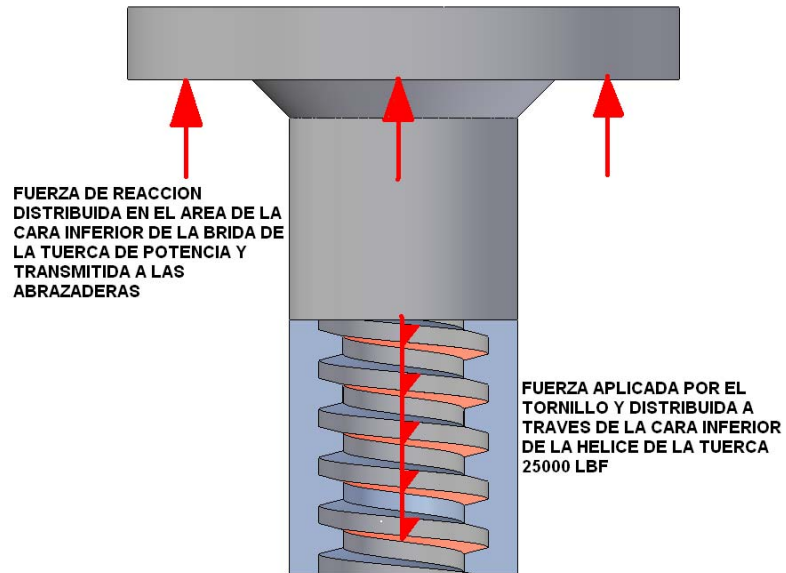


Figura 47. Diagrama de cuerpo libre para elemento denominado tuerca de potencia



Para la tuerca de potencia debe verificarse la altura H mínima de la tuerca necesaria para soportar el esfuerzo o presión de contacto, Ya que este es el aspecto más crítico. La altura mínima necesaria para soportar el esfuerzo de

contacto es función de la combinación de materiales para el conjunto tuerca-tornillo y de la velocidad de operación entre estos.

$$\text{Ecuación 4.12 } H = \frac{w \times p}{\pi \times d_m \times h \times Sperm_c}$$

Donde,

H = Altura de la tuerca

W = carga sobre el tornillo

P = paso

Dm = diámetro medio

h = altura del filete

Sperm_c = Esfuerzo permisible de contacto o presión de diseño por aplastamiento. Este se obtiene según las distintas aplicaciones de tornillos de potencia y para las aplicaciones típicas de materiales entre tuerca y tornillo.

El dato que se presenta a continuación fue tomado del manual de Diseño de maquinas I editado por el profesor de la escuela de Ingeniería Mecánica Leónidas Vásquez.

Tipo de servicio	Material		Presión de diseño por aplastamiento PSI	Velocidad de rozamiento con el diámetro medio de la rosca
	Tornillo	Tuerca		
Tornillo de gato Prensas	Acero	Hierro vaciado	1800-2500	Velocidad baja no mayor a 8 pies/min

Fuente: libro diseño de maquinas I

Reemplazando en la ecuación 4.12 los valores y tomando como valor de diseño 2500PSI para la presión de aplastamiento, se tiene que la altura mínima de la tuerca debe ser de 2.66 pulgadas.

Abrazaderas portaactuadores. Los elementos denominados abrazadera portaactuadores consisten en un conjunto de 4 piezas formadas cada una por dos partes, una parte interna que va unida a los aros internamente y una parte externa que va unida a la interna pero en el perímetro externo de los aros, la función de estas piezas es sostener y posicionar los actuadores a través de los aros.

El diseño de las abrazaderas que sostienen los actuadores hidráulicos varía de las abrazaderas que sostiene los tornillos de potencia.

La figura de cada abrazadera tipo tornillo y abrazadera tipo cilindro hidráulico se presenta en las figuras 48 y 49.

Figura 48. Conjunto de elementos abrazadera tipo tornillo ensamblado

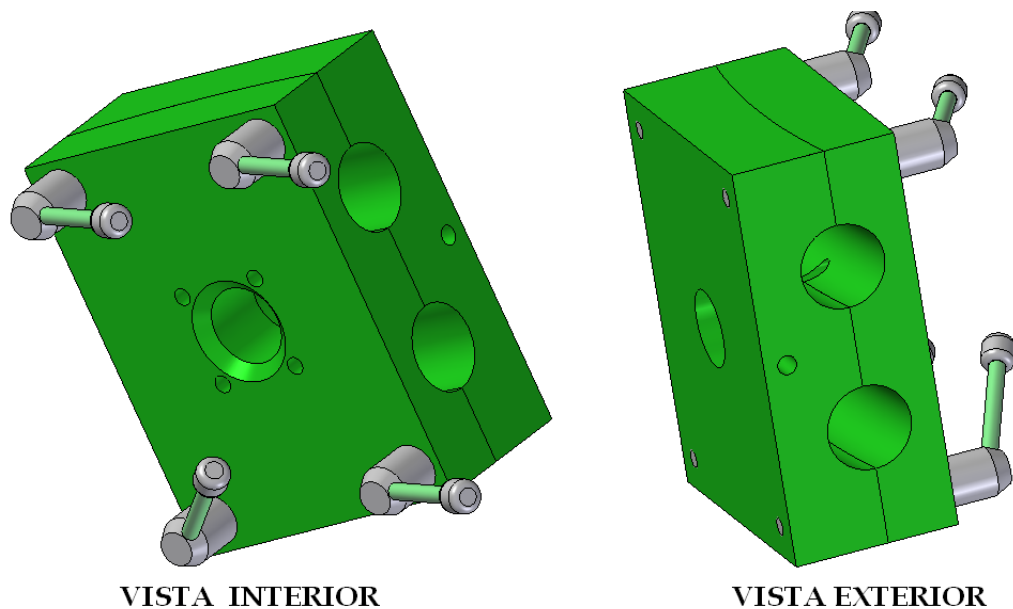
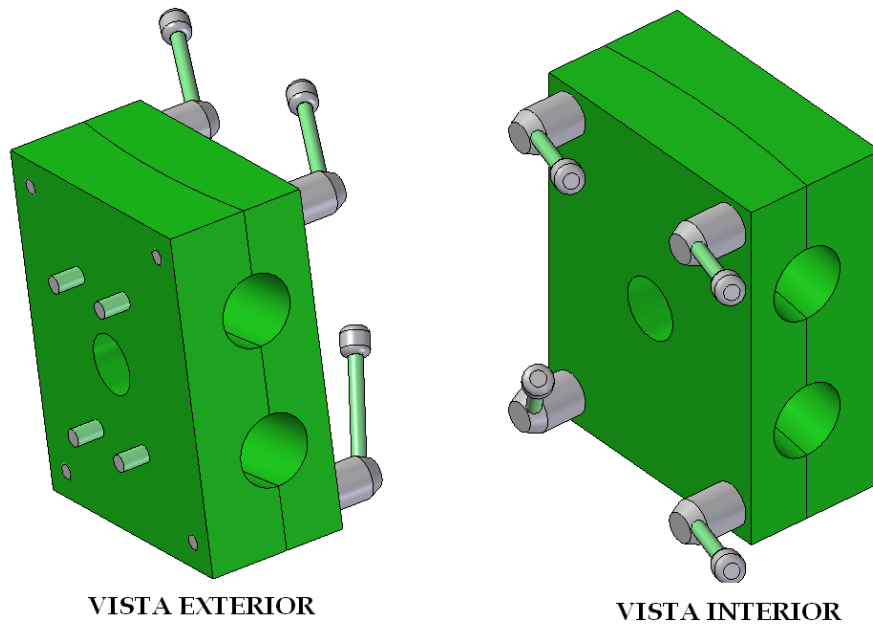


Figura 49. Conjunto de elementos abrazadera tipo actuadores oleohidráulicos

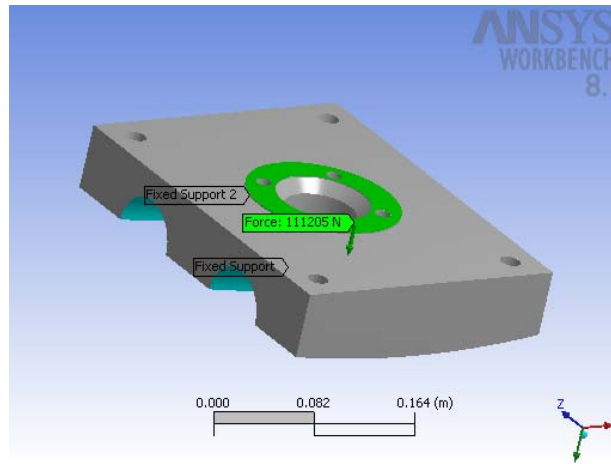


A) Elemento interior tipo brida tornillo

Se considero como la situación de mayor esfuerzo para el análisis de este elemento la aplicación de máxima fuerza por parte de los actuadores hidráulicos, para esto se tiene que a una presión de 2500 Psi cada cilindro tiene la capacidad de efectuar 25447 Lbf.

En la figura 50 se presenta el diagrama de cuerpo libre a partir del cual se analiza el comportamiento estructural de la pieza. El análisis de esta se realiza para cuando los actuadores hidráulicos están realizando su máxima fuerza de diseño.

Figura 50. Diagrama de cuerpo libre para elemento interior tipo brida en montaje



En la figura 51 y figura 52 se presentan los resultados del análisis hechos por el programa CAE para la deformación máxima y el análisis de esfuerzos.

Figura 51. Análisis CAE de deformación para elemento interior tipo brida en montaje

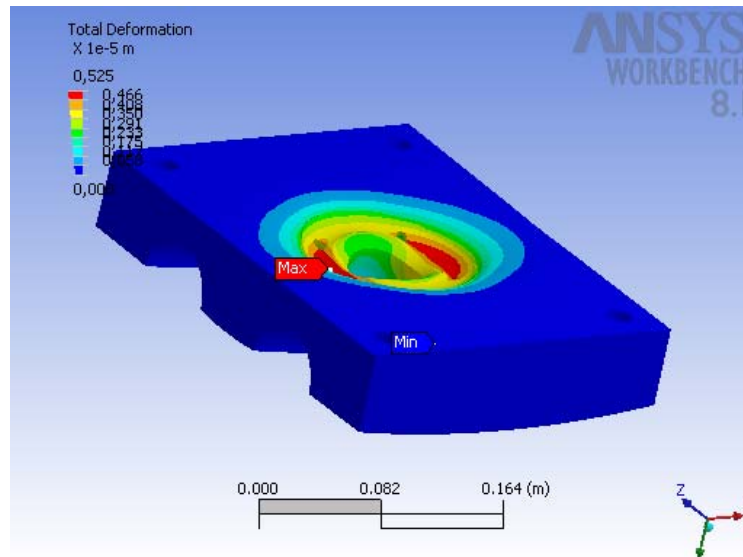
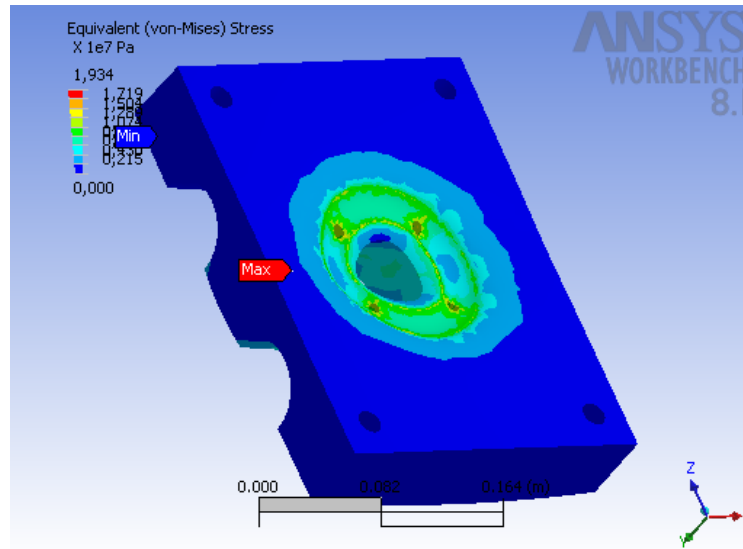


Figura 52 Análisis CAE de esfuerzo para elemento interior tipo brida en montaje



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo.

Se tiene del material de fundición de hierro gris un esfuerzo ultimo de compresión σ_{ultimo} 0.668 GPa y del elemento brida interna tipo tornillo mostrado en la figura 50 un $\sigma_{\text{EQUIVALENTE}}$ 0.01934 GPa y una deformación máxima de 0.00525 mm.

Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad a partir de la ecuación 4.1.

Para esta situación se tiene que $N = 34.54$

B) Elemento exterior tipo brida tornillo

Este elemento debido a la situación de trabajo a la que está sometido no sufre esfuerzos al momento de la prueba ya que su única función es mantener el montaje de el actuador tipo tornillo en la posición deseada sobre los aros,

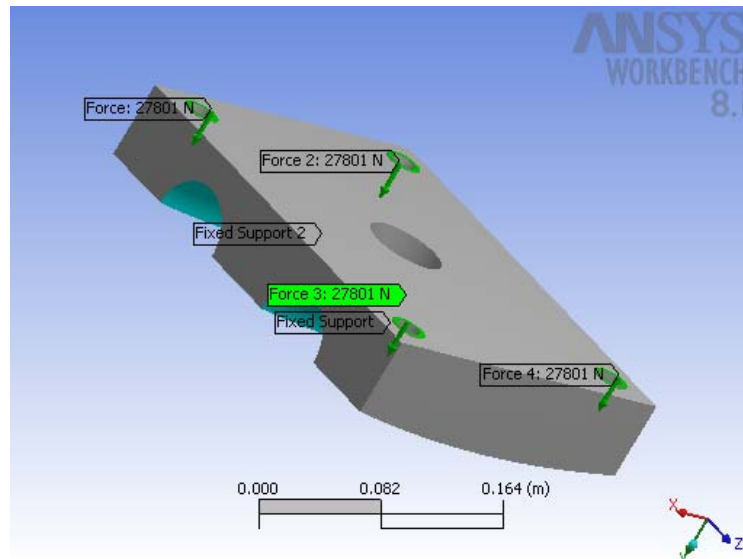
pero este no recibe ni transmite ninguna fuerza proveniente de presión hidrostática o presión hidráulica a los aros.

C) Elemento interior tipo brida cilindro hidráulico

Se considero como la situación de mayor esfuerzo para este elemento la misma situación del elemento interior tipo brida tornillo presentado como numeral A.

En la figura 53 se presenta el diagrama de cuerpo libre a partir del cual se analiza el comportamiento estructural de la pieza. El análisis de esta se realiza para cuando los actuadores hidráulicos están realizando su máxima fuerza de diseño.

Figura 53. Diagrama de cuerpo libre para elemento interior tipo brida cilindro hidráulico en montaje.



En la figura 54 y figura 55 se presentan los resultados del análisis hechos por el programa CAE para la deformación máxima y el análisis de esfuerzos.

Figura 54. Análisis CAE de deformación para elemento interior tipo brida cilindro hidráulico en montaje.

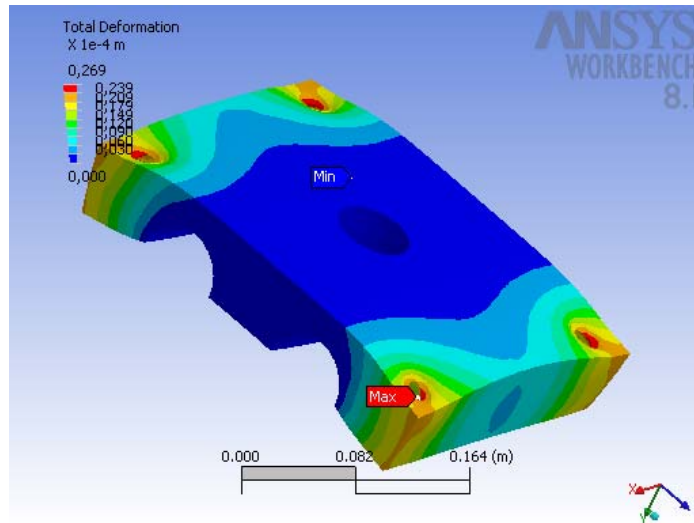
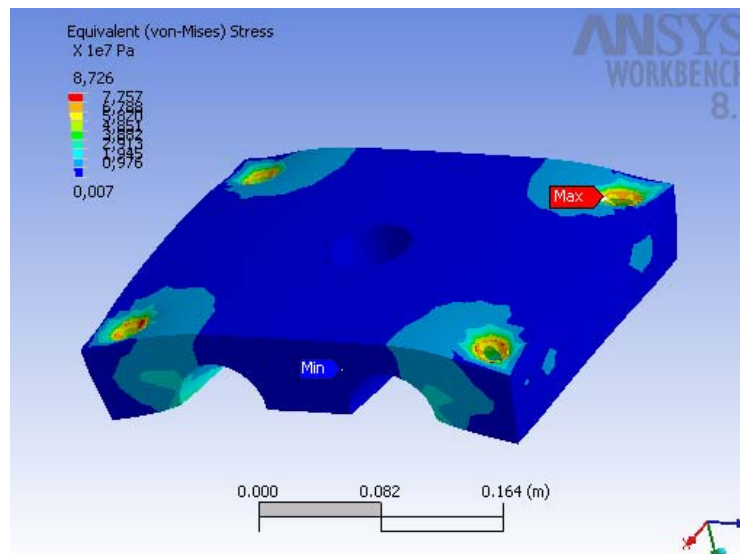


Figura 55. Análisis CAE de esfuerzo para elemento interior tipo brida cilindro hidráulico en montaje.



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo.

Se tiene del material de fundición de hierro gris un esfuerzo ultimo de compresión de σ_{ultimo} de 0.668 GPa y del elemento brida interna tipo cilindro un esfuerzo equivalente $\sigma_{\text{EQUIVALENTE}}$ 0.08726 GPa y una deformación máxima de 0.0269 mm.

Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad a partir de la ecuación 4.1.

Para esta situación se tiene que $N = 7.65$

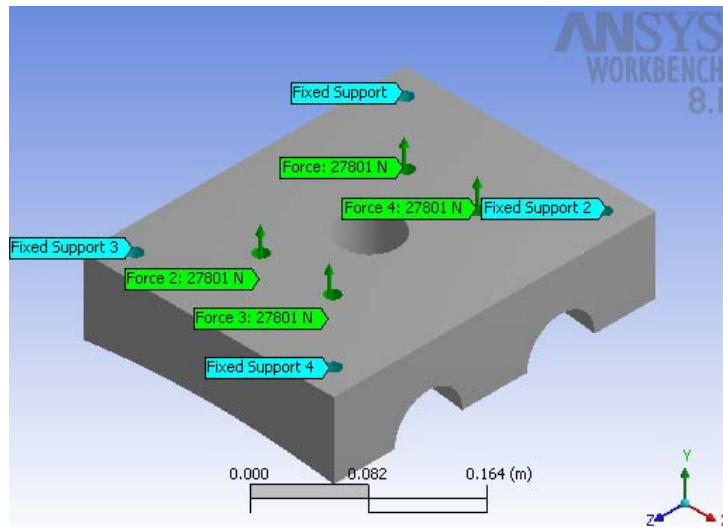
C) Elemento exterior tipo brida cilindro hidráulico

Se considero como la situación de mayor esfuerzo para este elemento la misma situación del elemento interior tipo brida tornillo presentado como numeral A.

En la figura 55 se presenta el diagrama de cuerpo libre a partir del cual se analiza el comportamiento estructural de la pieza.

El análisis de esta se realiza para cuando los actuadores hidráulicos están realizando su máxima fuerza de diseño.

Figura 56. Diagrama de cuerpo libre para elemento exterior tipo brida cilindro hidráulica en montaje



En la figura 57 y figura 58 se presentan los resultados del análisis hechos por el programa CAE para la deformación máxima y el análisis de esfuerzos.

Figura 57. Análisis CAE de deformación para elemento exterior tipo brida cilindro hidráulico en montaje.

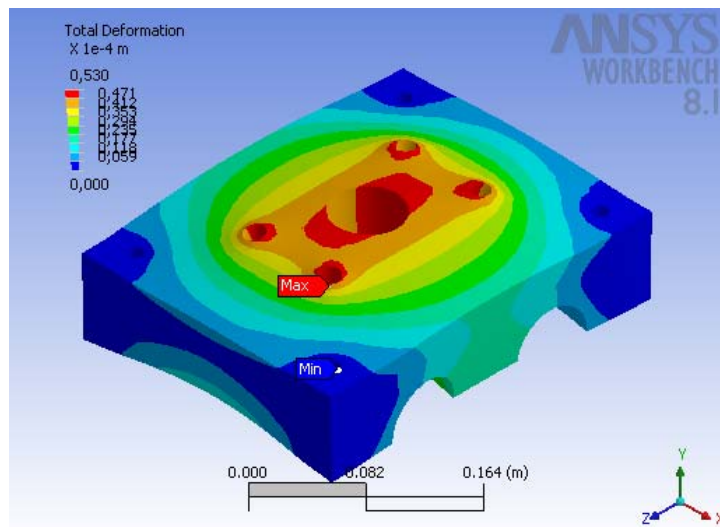
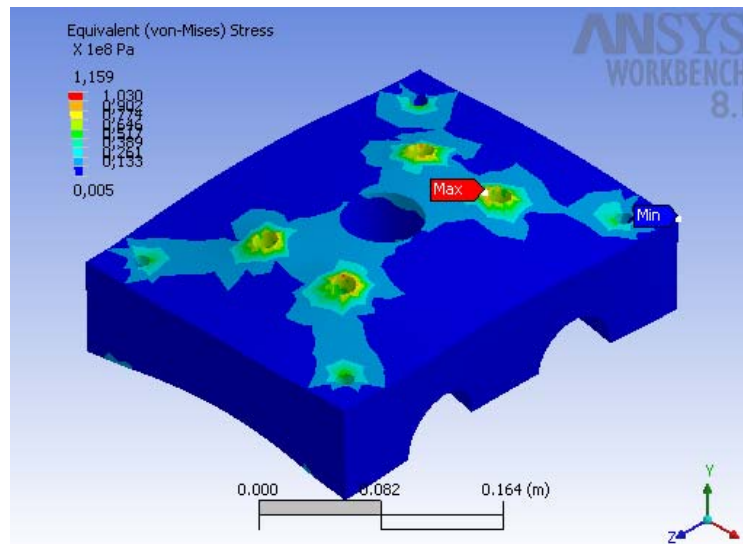


Figura 58. Análisis CAE de esfuerzo para elemento exterior tipo brida cilindro hidráulico en montaje



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo.

Se tiene del material de fundición de hierro gris un esfuerzo ultimo de compresión de $\sigma_{\text{ultimo}} 0.668$ GPa y del elemento brida exterior tipo cilindro hidráulico un esfuerzo equivalente de $\sigma_{\text{EQUIVALENTE}} 0.1159$ GPa y una deformación máxima de 0.053 mm.

Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad a partir de la ecuación 4.1.

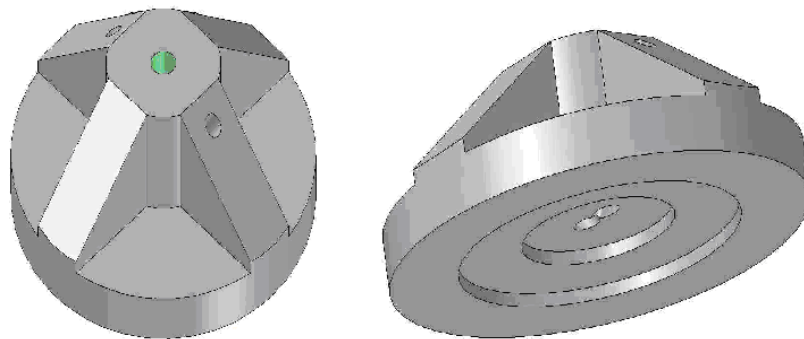
Para esta situación se tiene que $N = 5.76$

Elementos de contacto con los accesorios. Los elementos denominados de contacto con los accesorios son los encargados de taponar las entradas al accesorio y son de dos tipos, Tapones ciegos y tapones alimentadores, Las

condiciones de diseño para estos fue que tuviesen la capacidad de resistir la fuerza producida por la presión de prueba interna del accesorio, se pudiesen sostener de los actuadores y tuvieran las dimensiones suficientes para probar todos los diámetros nominales para poder montar varios accesorios sin tener que intercambiar estas piezas de los actuadores. El diámetro externo de estos es de 340mm y su peso y altura varía según el tipo de tapón siendo de 32KG y 150mm para el primero y de 28kg y 120mm para el segundo.

Tapón alimentador. La cantidad total de estos elementos presentes en el equipo es dos, y estos siempre estarán trabajando sin importar cual sea el tipo de accesorio que quiere probarse; La principal característica de este elemento es que permite por medio de dos agujeros pasantes y dos válvulas roscadas al accesorio permitir el llenado del accesorio y el vaciado en el tapón que trabaje en la parte inferior del equipo y para el otro tapón que trabaja en la parte superior permite la lectura de presión durante la prueba por una de las válvulas conectadas al manómetro y el desaire mientras se llena el accesorio por el otro. En la figura 59 se muestra este elemento modelado.

Figura 59. Modelamiento de tapón alimentador



El análisis de fuerzas para este elemento se hizo solamente considerando su momento de mayor carga, es decir cuando se está realizando una prueba hidrostática a un accesorio con 12" de diámetro nominal, para esto se tiene que la presión de prueba hidrostática para accesorios de 12" es igual a 225 Psi o 1.5 veces la presión nominal de trabajo de 150 psi.

Se tiene de la ecuación 4.2 que $\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área}$

Donde presión es la presión de prueba hidrostática exigida para la prueba hidrostática, Área es el área obtenida del diámetro interior del accesorio y Fuerza es la fuerza que transmiten los cilindros hidráulicos al tapón y estos al accesorio.

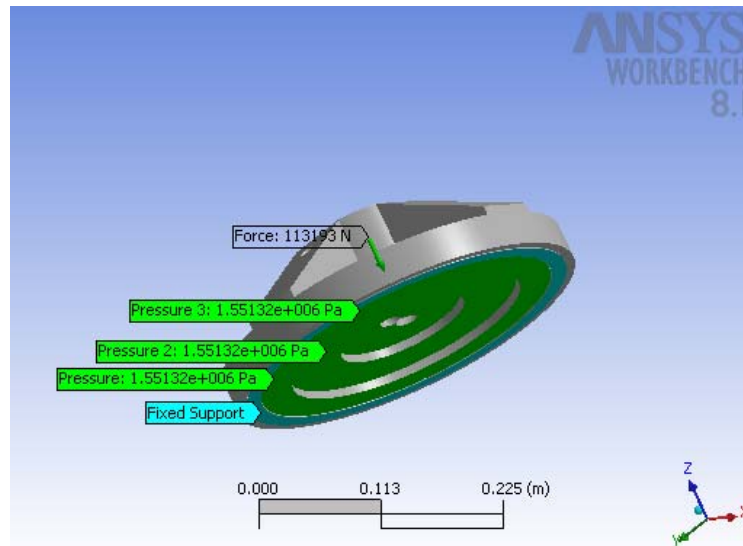
Se tiene entonces que $\text{Fuerza} = 25447\text{LBF}$ o 113193 N .

El material empleado para la fabricación de los tapones fue fundición de hierro gris tipo ASTM 48, el material y el proceso de fabricación fue aportado enteramente por la fabrica de la empresa IDEA LTDA.

El proceso de fabricación fue como se presenta a continuación, a partir de las dimensiones dadas al modelista se procedió a realizar un modelo en madera con un 2% de sobrematerial en todos sus medidas, este modelo sirvió como macho para el proceso de fundición en arena, una vez fundido y desmoldado se le realizo un proceso de mecanizado en torno y taladro para darle las medidas y acabado finales, las medidas y detalles finales de esta pieza se muestran en el anexo de planos del equipo (ver anexo G).

A continuación se muestra el análisis CAE para el elemento tapón alimentador. La fuerza aplicada a este elemento es de 113193N como la máxima fuerza de diseño capaz de entregar los actuadores hidráulicos y es ejercida al tapón por parte de los actuadores hidráulicos por medio de su unión tipo rosca recta de 1 ¼" UNC, actúa también en el accesorio la presión hidrostática o presión a contrarrestar distribuida en toda el área de taponamiento con una restricción o soporte fijo que es la fuerza actuante sobre un área igual al área transversal del espigo del accesorio, para este caso el accesorio que se simuló fue un espigo de 12". En la figura 60 se muestra el diagrama de cuerpo libre para el elemento tapón alimentador.

Figura 60. Diagrama de cuerpo libre para elemento tapón alimentador



En la figura 61 y figura 62 se presentan los resultados del análisis hechos por el programa CAE para la deformación máxima y el análisis de esfuerzos.

Figura 61. Análisis CAE de deformación de tapón alimentador

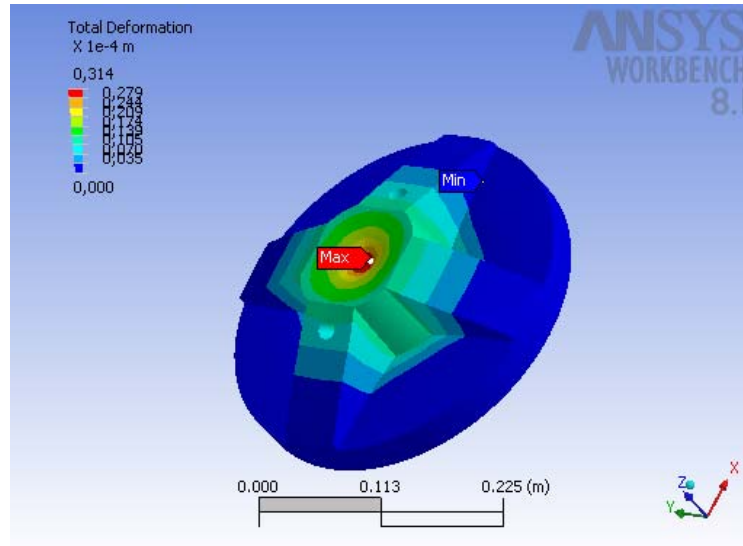
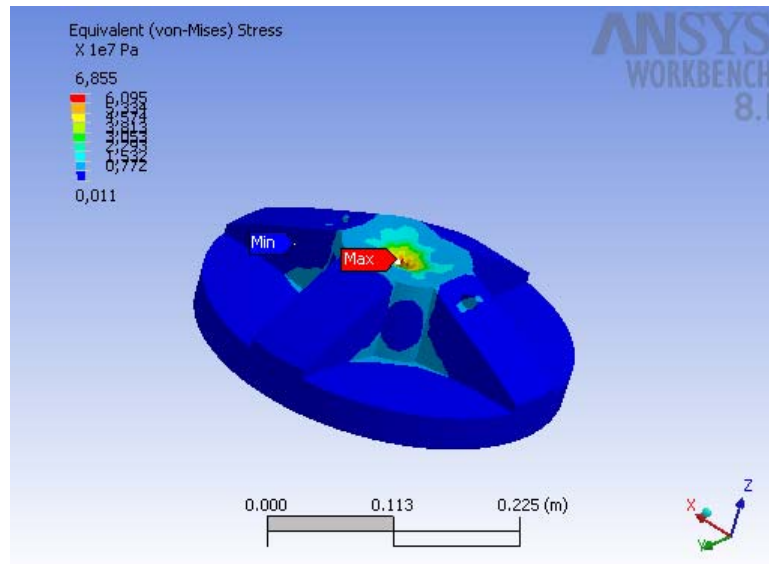


Figura 62. Análisis CAE de esfuerzo de tapón alimentador



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo.

Se tiene del material fundición de hierro gris producido por la fábrica de IDEA LTDA un esfuerzo ultimo a la compresión de σ_{ULTIMO} 0.668GPa (este dato fue obtenido de pruebas contratadas con laboratorios metalúrgicos y los resultados se pueden ver en el anexo E) y para el elemento tapón alimentador un esfuerzo equivalente de $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 0.0685 GPa y una deformación máxima de 0.0314 mm. Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad a partir de la ecuación 4.1

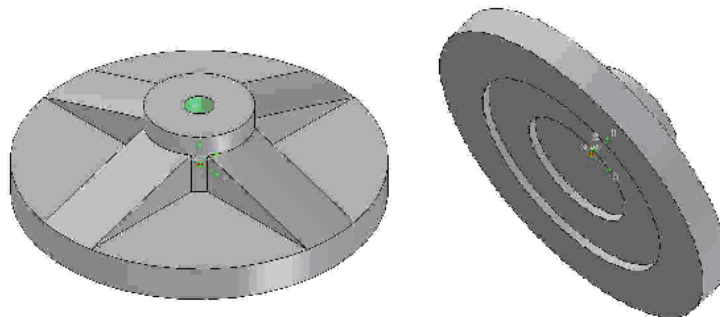
Para esta situación se tiene que $N = 9.75$

Este factor de seguridad se considera adecuado teniendo en cuenta las condiciones de falla para el hierro gris como material frágil y que el esfuerzo aquí tenido en cuenta es el esfuerzo ultimo.

Tapón Ciego. Las condiciones de trabajo y de diseño para fines prácticos del elemento tapón ciego son consideradas iguales a las del tapón alimentador con excepción a su función de llenado y desagüe.

En la figura 63 se muestra el modelado del elemento tapón ciego.

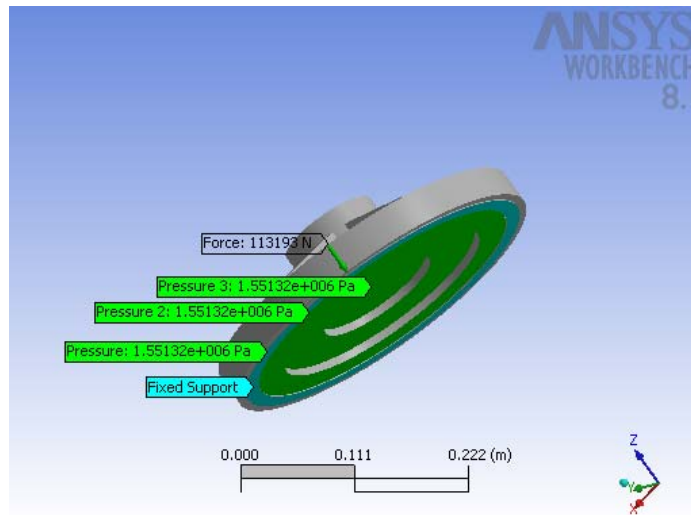
Figura 63. Modelamiento de tapón ciego



A continuación se muestra el análisis CAE para el elemento tapón ciego. Las condiciones de análisis son similares a las del tapón alimentador.

En la figura 64 se muestra el diagrama de cuerpo libre para el elemento tapón ciego en su momento de máxima carga.

Figura 64. Diagrama de cuerpo libre para elemento tapón alimentador



En la figura 65 y figura 66 se presentan los resultados del análisis hechos por el programa CAE para la deformación máxima y el análisis de esfuerzos.

Figura 65. Análisis CAE de deformación de tapón alimentador

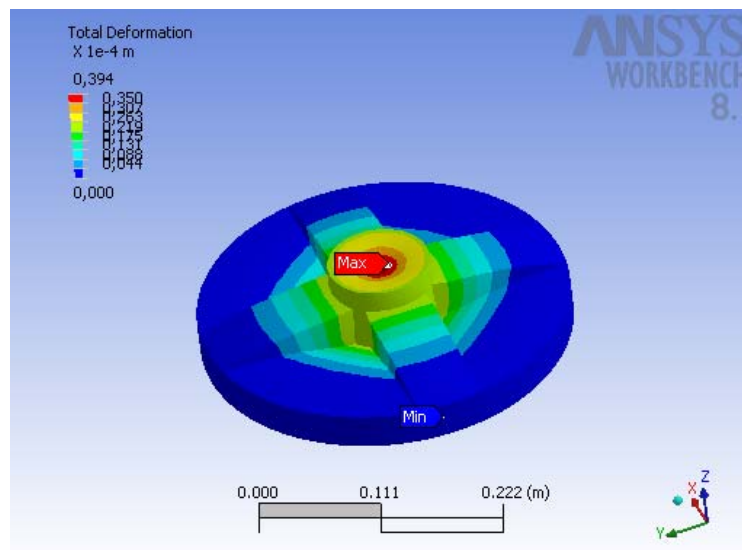
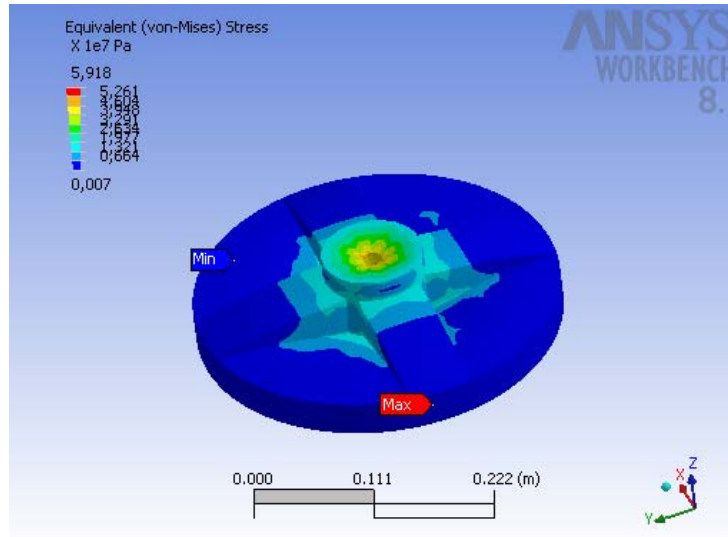


Figura 66. Análisis CAE de esfuerzo de tapón alimentador



Para determinar el comportamiento estructural de este material en esta configuración se aplican las fuerzas actuantes al modelo.

Se tiene del material fundición de hierro gris producido por la fábrica de IDEA LTDA un esfuerzo ultimo a la compresión de σ_{ULTIMO} 0.668 GPa (este dato fue obtenido de pruebas contratadas con laboratorios metalúrgicos y los resultados se pueden ver en el anexo E) y para el elemento tapon ciego un esfuerzo equivalente de $\sigma_{EQUIVALENTE}$ 0.059 GPa y una deformación máxima de 0.0394 mm. Con estos datos es posible determinar el factor de seguridad a partir de la ecuación 4.1

Para esta situación se tiene que $N = 11.32$

Este factor de seguridad se considera adecuado teniendo en cuenta las condiciones de falla para el hierro gris como material frágil y que el esfuerzo aquí tenido en cuenta es el esfuerzo ultimo o esfuerzo de fractura.

Sistema manual de posicionamiento. La inclusión de este sistema fue debido a las condiciones de llenado de los accesorios tipo codo, se tiene dos

situaciones de llenado de agua para presurización que se presentan en las figuras 67 y 68.

Figura 67. Montaje de accesorio tipo reducción con válvula de desaire alineada horizontalmente

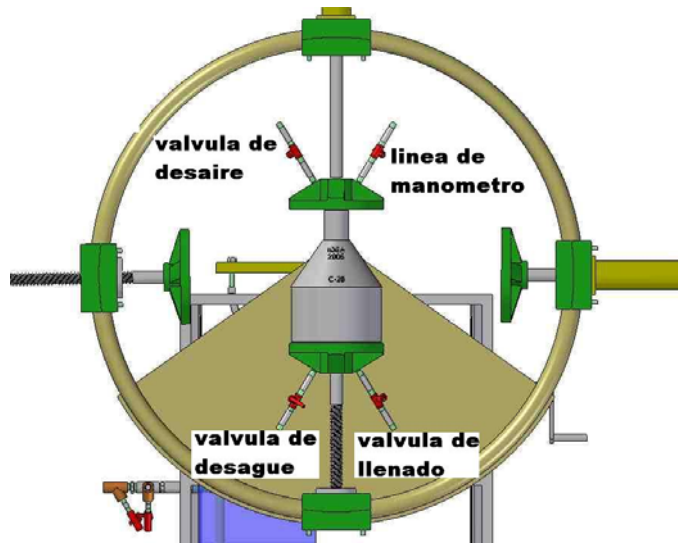
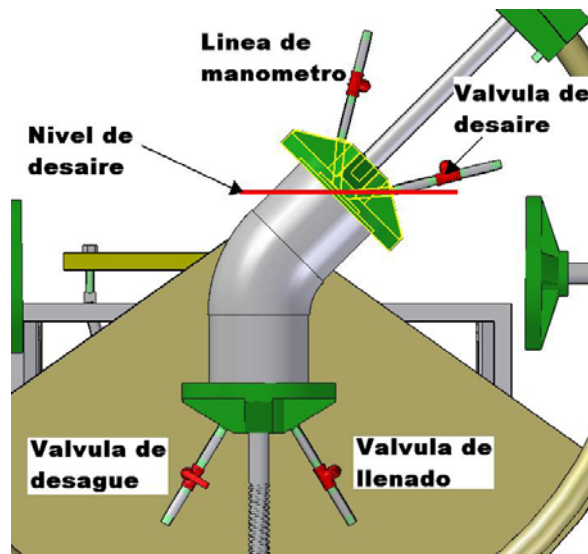


Figura 68. Montaje de accesorio tipo codo a 45 grados de 8" con válvula de desaire desalineada y línea indicadora de nivel de llenado de agua y bolsa de aire.

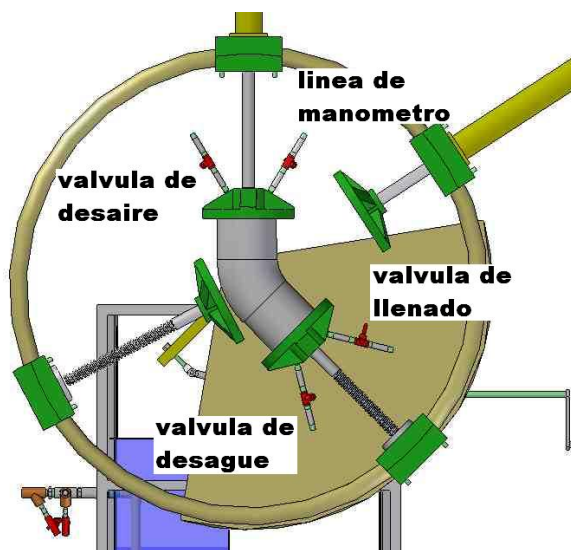


En la Figura 67 Montaje de accesorio tipo reducción con válvula de desaire alineada horizontalmente se tiene un llenado de agua completo del accesorio ya que la válvula de llenado se encuentra en el punto más bajo del montaje, mientras que la válvula de desaire se encuentra en el punto más alto, garantizando que el nivel de agua desplazara todo el aire y el accesorio no tendrá bolsas de aire por un desaireado deficiente.

En la situación de la Figura 68 Montaje de accesorio tipo codo a 45 grados de 8" con válvula de desaire desalineada y línea indicadora de nivel de llenado de agua y bolsa de aire se aprecia por la línea roja que el nivel de agua llegara hasta este nivel y a partir de allí regresara a tanque por la válvula de desaire dando lugar a una bolsa de aire en la parte superior del accesorio provocada por la geometría del accesorio.

Para dar solución a esta situación anterior presentada por los accesorios tipo codo se diseño el banco de pruebas hidrostático con un dispositivo capaz de girar todo el montaje hasta que la línea de desaire se encontrara siempre en el nivel más alto y siempre horizontal, este caso se aprecia en la figura 69.

Figura 69. Montaje de accesorio tipo codo a 45 grados de 8" con nivel de desaire horizontal



Para conseguir el movimiento de todo el montaje incluidos los aros fue necesario montar el eje sobre dos chumaceras en fundición de hierro y lubricadas manualmente en la parte superior del chasis, el desplazamiento angular de los aros se consigue al desplazar un tornillo a través de una tuerca con un movimiento de rotación por parte del operario a una manivela ubicada en el extremo del tornillo y por el otro extremo una serie de elementos tipo biela corredera fijado al tubo eje que desplazara sobre este todo el montaje, a partir de esto se consigue un desplazamiento de 90 grados en sentido horario lo que da un solo sentido de montaje para accesorios tipo codo, los elementos de este sistema se muestran a continuación en la figura 70.

El tornillo de desplazamiento es de rosca derecha por lo que al girarlo en sentido antihorario provoca el giro horario del montaje hecho en los aros y al girarlo en sentido horario se regresa a la posición inicial.

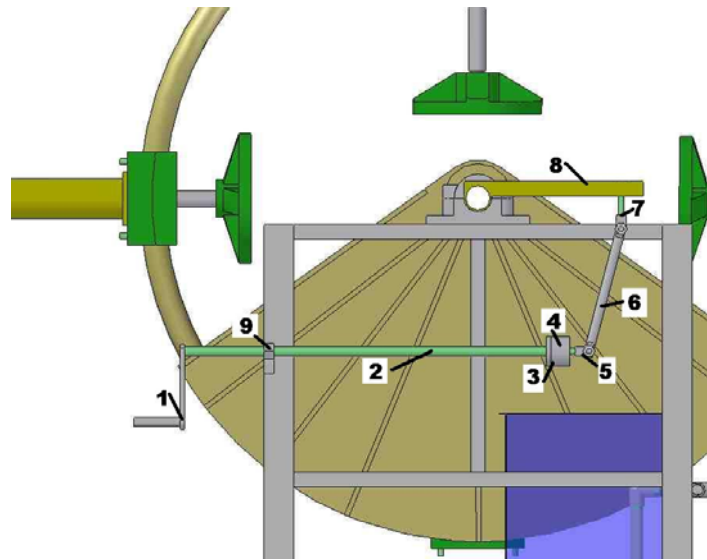
El desplazamiento máximo del sistema es de 90 grados en sentido horario y de regreso a partir de una posición completamente vertical del actuador marcado como tornillo 1, debe evitarse exceder estos desplazamientos o tratar de girar los aros por un medio distinto al desplazamiento del tornillo ya que se puede ocasionar la deformación permanente del tornillo o la rotura de la tuerca y por tanto la inutilización del dispositivo.

Para garantizar que el trabajo del tornillo es siempre axial se le instalo una guaya más un tensor en la punta de la varilla roscada que se conecta con la biela y esta se anclo al piso del chasis, este trabajo fue posterior al diseño del dispositivo y mejoro el desplazamiento de este ya que las componentes

verticales de la fuerza que actúan sobre el tornillo son compensadas por la guaya que trabaja siempre en la misma dirección.

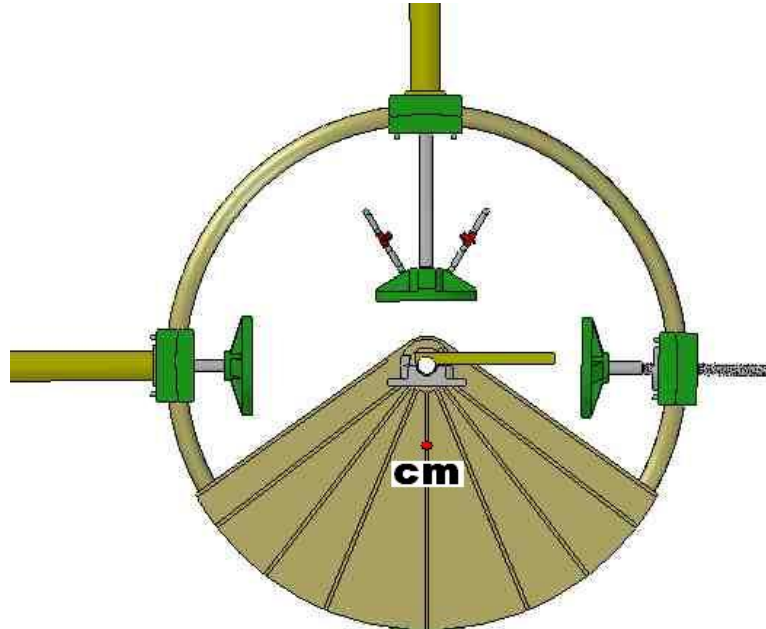
Figura 70. Principales elementos del dispositivo de posicionamiento manual y grafica.

1. Brazo de manivela
2. Varilla roscada de 1" de diámetro y rosca UNC
3. Carcasa portarodamiento.
4. Rodamiento axial y tuerca para convertir movimiento de rotación a traslación.
5. Horquilla y pasador.
6. Eje biela.
7. Horquilla y pasador.
8. Brazo soldado al tubo eje



Para determinar el comportamiento estructural de este sistema se considera como el momento de máxima carga a la situación en que la varilla roscada y los demás elementos se encuentren a tensión por razón de encontrarse el sistema de los aros girado 90 grados con respecto a la posición inicial (esta posición inicial corresponde a un montaje tipo reducción) que ocasionaría un desplazamiento del centro de gravedad del subconjunto marco apoyo y los demás elementos de montaje y por consiguiente un momento torsor en el tubo eje y un momento flector sobre el brazo soldado en el tubo eje y fuerzas de tensión en los demás elementos analizadas anteriormente.

Figura 71. Ubicación del centro de masa del subconjunto marco de apoyo y demás dispositivos de sujeción



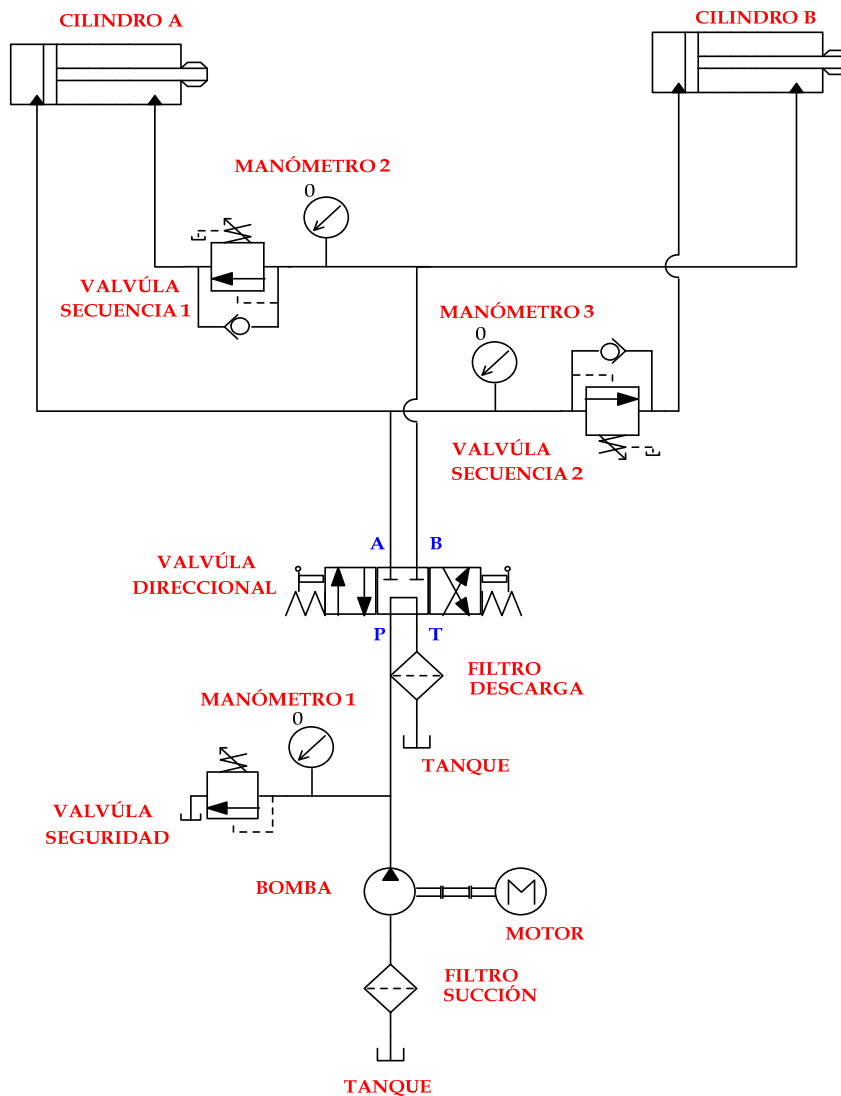
El centro de gravedad se encuentra desplazado 283mm del eje tubo del subconjunto marco de apoyo y se ha estimado una masa de 800kg para el momento de máxima carga.

Esta genera un momento torsor de 2220 N-m sobre el tubo eje y una fuerza de reacción en el extremo del brazo del tubo eje de 5922N, se considera como el elemento más crítico a la varilla roscada de diámetro 5/8" por ser la de menor diámetro y se tiene que este elemento según el tipo de material grado 8 tiene una resistencia de prueba mínima de 120Kpsi (Fuente Shigley J. y Mischke Charles, Diseño en Ingeniería mecánica pg 457,475 sexta edición Editorial Mc graw Hill) o 827 Mpa que con un área efectiva de esfuerzo de tensión $0.226''^2$ o $0.0001458m^2$ correspondería a $5.6745 \times 10^5 N$

4.1.3 Sistema oleohidráulico de posicionamiento y sellado. La selección de un sistema oleohidráulico para el banco de pruebas obedeció a las facilidades que ofrecen estos en cuanto a la relación espacio-potencia.

Algunos elementos del sistema fueron construidos durante el proyecto y otros fueron remanufacturados a partir de piezas de segunda mano pensando en la economía del proyecto. En la figura 72 se muestra el circuito hidráulico montado en el tablero y chasis del banco de pruebas.

Figura 72. Diagrama del sistema oleohidráulico



A continuación se presentan los parámetros calculados para la selección de los elementos presentes en el sistema hidráulico.

Selección cilindros hidráulicos. A continuación se presentan los cálculos y requisitos que deben cumplir los cilindros hidráulicos a instalar en el banco de pruebas

A. Calculo de fuerza

$$P_{\text{Nominal}} = 150 \text{ psi}$$

$$P_{\text{Prueba}} = 150 \text{ psi} \times 1.5$$

$$P_{\text{Prueba}} = 225 \text{ psi}$$

$$F = P_{\text{Prueba}} \times A$$

$$\phi_{\text{Accesorio Critico}} = 12 \text{ pulg}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 = \frac{\pi}{4} \times (12 \text{ pul})^2$$

$$A = 113.10 \text{ pulg}^2$$

$$F = 225 \text{ psi} \times 113.10 \text{ pulg}^2$$

$$F = 25447 \text{ Lbf}$$

$$F = 12.72 \text{ Toneladas} \cong 13 \text{ Toneladas}$$

$$F_R = \frac{13 \text{ Toneladas}}{0.85}$$

$$F_R = 15 \text{ Toneladas}$$

La máxima fuerza que el cilindro hidráulico debe contrarrestar es de 15 toneladas y la carrera del cilindro debe ser de 900 mm. La selección del cilindro hidráulico se hace a continuación:

1. Se toma como supuesto una presión de 2500 psi para calcular el área del pistón

$$F = P \times A$$

$$P = 2500 \text{ PSI}$$

$$F = 25447 \text{ Lbf}$$

$$A = \frac{F}{P} = \frac{25447 \text{ Lbf}}{2500 \text{ PSI}}$$

$$A = 10.17 \text{ pulg}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times \phi^2$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 10.17 \text{ pulg}^2}{\pi}}$$

$$\phi = 3.5 \text{ pulg}$$

En nuestro caso se usaron cilindros hidráulicos remanufacturados con diámetro de embolo y vástago de 88mm y 44 mm respectivamente. Se busco el factor de seguridad para estos cilindros. A continuación se presentan los cálculos :

B) Pandeo del Vástago.

Se analiza la condición de columna y posible pandeo para el vástago del cilindro hidráulico.

$\phi_{\text{mín}}$ = Diámetro mínimo del vástago (mm)

F= Fuerza (lbf)= 25447 lbf

L= Longitud de pandeo (cm)= 70 cm

N= Coeficiente de seguridad

Para un acero de construcción de vástagos como un Acero SAE 1045 se tienen las siguientes características de material.

S_u = 88000 PSI

S_y = 73800 PSI

E = 30×10^6 PSI

De la ecuación 4.7 $Leq = K \times L$ donde se tiene el cilindro empotrado en uno de sus extremos entonces $k = 2 \rightarrow Leq = 2 \times 700 = 1400\text{mm} = 55.11''$

De la ecuación 4.5 $R_g = d / 4 \rightarrow R_g = 1.75'' / 4 = 0.4375''$

De la ecuación 4.6 $Re = Leq / R_g \rightarrow Re = 55.12'' / 0.4375'' \rightarrow Re = 125.98$

De la ecuación 4.8 $Cc = \sqrt{(2 E \pi^2 / Sy)} \rightarrow Cc = 89.57$

Se tiene que Re es mayor que CC por lo que el cálculo por pandeo puede realizarse por el método de columna larga o ecuación de Euler.

Se busca la carga crítica en la columna a partir de la ecuación 4.13

Ecuación 4.13 $P_{cri} = (\pi^2 \times E \times I) / Leq^2$

Con una $I = (\pi d^4 / 64) = 0.46''^4 \rightarrow$ Se tiene que $P_{cri} = (\pi^2 \times 30 \times 10^2 \times 0.46) / 55.12^2$
 $P_{cri} = 44829 \text{ lbf}$

La carga de trabajo real en la columna es $P_w = P_{cri} / N$

Por lo que al despejar N se tiene un factor de seguridad de $N = 1.76$.

Un factor de seguridad bajo, si se tiene en cuenta que se acostumbra a usarse cercano a 3, aunque al momento de las pruebas el conjunto oleohidráulico bomba-motor no desarrollo más de 1600PSI por lo que esta carga de trabajo nunca se alcanzo y por ende el vástago de los cilindros trabaja con un factor de seguridad mayor.

C) Potencia Desarrollada por el cilindro

Fuerza desarrollada por el cilindro = 11543 kg-f

$Q = 5 \text{ G.P.M} = 18927.05892 \text{ cm}^3/\text{min} \cong 19000 \text{ cm}^3/\text{min}$

$\phi = 8.8 \text{ cm}$

Potencia = N

$c =$ velocidad lineal del cilindro

$$N = F \times c$$

$$c = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times \phi^2}$$

$$c = \frac{19000}{\frac{\pi}{4} \times (8.8)^2}$$

$$c = 312.40 \text{ cm/s} = 3.124 \text{ m/s}$$

$$N = 11543 \times 3.124$$

$$N = 36 \text{ KW} = 48.4 \text{ HP}$$

D) Fuerza desarrollada por el cilindro

$$F = P \times \frac{\pi}{4} \times \phi^2$$

$$F = 2500 \times \frac{\pi}{4} \times 3.5^2$$

$$F = 24052.82 \text{ Lb-f}$$

E) Avance

$$F = P \times \frac{\pi}{4} \times (\phi_{\text{embolo}} - \phi_{\text{vástago}})^2$$

$$F = 2500 \times \frac{\pi}{4} \times (3.5 - 1.65)^2$$

$$F = 6720.06 \text{ Lb-f}$$

Selección de bomba. Se selecciono una Bomba de paletas Vickers V10-1P3P-1C20 ver anexo D,

Figura 73. Bomba de paletas del sistema oleohidráulico



Algunas especificaciones son:

V= Bomba de Paletas

10= Serie (10 paletas)

1= Montaje Dos tornillos SAE A Pestañas.

P= Conexión puerto succión 1 NPT

3= Rata de capacidad 3 US G.P.M

P= Conexión puerto descarga ½ NPT

1= Eje con cuña recta de ¾"

C= Posición del puerto de descarga en línea con el puerto de succión

Calculo de parámetros

Caudales

- Calculo velocidad extensión del vástago

$$V \left[\frac{\text{ft}}{\text{min}} \right] = \frac{Q[\text{GPM}] \times 19.25}{A_{\text{Embolo}} [\text{pulg}^2]}$$

$$V = \frac{5\text{GPM} \times 19.25}{10 \text{ pulg}^2}$$

$$V = 9.625 \frac{\text{ft}}{\text{min}} = 2.9337 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Utilizando una bomba de 5 GPM el vástago tardará en recorrer los 50 cm. En:

$$X = V \times t$$

$$t = \frac{X}{V} = \frac{1.7 \text{ ft}}{9.625 \frac{\text{ft}}{\text{min}}} = 0.18 \text{ min} = 11 \text{ seg}$$

- Calculo velocidad retroceso del vástago

$$V \left[\frac{\text{ft}}{\text{min}} \right] = \frac{Q[\text{GPM}] \times 19.25}{A_{\text{Anular}} [\text{pulg}^2]}$$

$$A_{\text{Anular}} = A_{\text{Embolo}} - A_{\text{Vastago}}$$

$$A_{\text{Vastago}} = \frac{\pi}{4} \times (1.75 \text{ pulg})^2 = 2.40 \text{ pulg}^2$$

$$A_{\text{Anular}} = 10 \text{ pulg}^2 - 2.40 \text{ pulg}^2$$

$$A_{\text{Anular}} = 7.6 \text{ pulg}^2$$

$$V = \frac{5\text{GPM} \times 19.25}{7.6 \text{ pulg}^2}$$

$$V = 13 \frac{\text{ft}}{\text{min}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$X = V \times t$$

$$t = \frac{X}{V} = \frac{1.7 \text{ ft}}{13 \frac{\text{ft}}{\text{min}}} = 0.13 \text{ min} = 8 \text{ seg}$$

Cálculo potencia del motor eléctrico

Bombas de paletas

$$\Delta P = 2500 \text{ psi}$$

$$Q_b = 5 \text{ GPM}$$

$$N = 1800 \text{ rpm}$$

$$\eta_{Tb} = 90\%$$

$$\eta_{vb} = 90\%$$

$$Q_b = C_b N_B \eta_{vb}$$

$$C_b = \frac{5}{1800 \times 0.9} = 0.0031 \frac{\text{galones}}{\text{rev}} = 12.62 \approx 13 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

$$\text{Pot}_{sb} = \frac{Q_b \times \Delta P}{1714 \times \eta_{Tb}}$$

$$\text{Pot}_{sb} = \frac{5 \times 2500}{1714 \times 0.9} \approx 8.10 \cong 9 \text{ HP}$$

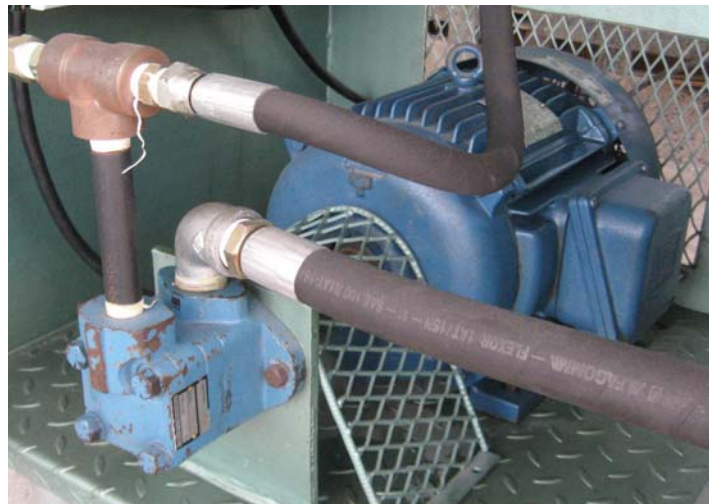
$$\eta_{Tb} = \frac{\text{Pot}_{sb}}{\text{Pot}_E}$$

$$\text{Pot}_E = \frac{\text{Pot}_{sb}}{\eta_{Tb}}$$

$$\text{Pot}_E = \frac{9}{1.1} = 8.18 \cong 10 \text{ HP @ 1800 rpm}$$

Se selecciono un motor EBERLE ver anexo 2. Algunas especificaciones son:

Figura 74. Conjunto bomba motor sistema oleohidráulico.



Selección elementos de regulación y control.

A) Definición del elemento direccional.

Se uso una válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro tándem en este centro los puertos P y T comunicados y A y B bloqueados se usan en circuitos con múltiples actuadores en serie. Detiene el movimiento del actuador, y permite que el flujo proveniente de la bomba vaya a tanque durante los tiempos muertos. Se conectan varios actuadores en serie y permiten la operación simultánea o independiente de los actuadores.

Su accionamiento es manual por palanca y reposición por resorte Marca CONTARINI modelo BM 50. Ver anexo D.

Figura 75. Válvula direccional del sistema oleohidráulico



Algunas especificaciones son:

Caudal nominal: 50 L/min. 13 GPM

Caudal máx. 70 L/min. 18 GPM

Presión nominal: 250 bar 3600 psi

Presión máxima sobre los orificios A-B: 300 bar 4400 psi

Presión máx. al retorno 80 bar 1100 psi

B) Válvula de seguridad

La misión principal de esta válvula es la de limitar a un máximo la presión del fluido en el circuito, con objeto de garantizar la protección de toda la instalación. Pero la protección no sólo se limita a los componentes oleohidráulicos y a las tuberías, sino también al propio motor eléctrico que acciona la bomba. Cuando esta válvula se utiliza como elemento de seguridad sin más, está limitada precisamente a la potencia máxima que es capaz de desarrollar el motor durante un tiempo prudencial y a plena carga.

Se encargan de reenviar el aceite al depósito una vez se ha superado en el circuito la presión a la cual han sido reguladas. Otras funciones es la de reducir el efecto de sobrepresiones que se producen a veces, debido a los golpes de ariete de los cilindros o en otros actuadores. Estas válvulas se eligen en función del caudal que debe circular por ellas y de la presión de tarado.

Se escogió la válvula limitadora de presión Marca CONTARINI VMP 1/2" C. Cuyas características son 3 puertos de diámetro de 1/2" dos de presión y uno descarga a tanque. Caudal 70 l/min, y presión máxima de 300 bar. Ver anexo D.

Figura 76. Válvula limitadora de presión



Algunas especificaciones:

Código = V0120.0008

Rosca = 1/2"

Q_{max} = 70 l/min.

P_{max} = 300 bar.

Tipo = VMP 1/2" C

Peso = 1,06 Kg.

C=10:180 bar (standard)

C) Válvulas antirretorno

La válvula antirretorno es una combinación entre válvula direccional y de presión. El fluido pasa a través de la válvula en una dirección únicamente.

Cuando la presión del sistema a la entrada de la válvula es lo suficientemente alta, como para vencer la fuerza del resorte que actúa sobre el tapón es empujado fuera de su asiento y el flujo pasa a través de la válvula.

Son usadas como válvulas de derivación para que el flujo esquite otros accesorios también aísla secciones o componentes de un sistema.

En nuestro caso es usada junto con una válvula de seguridad como una válvula de secuencia. Cuya función es luego de alcanzar cierta presión entregar una señal de salida. Esta señal de salida puede estar dentro del campo de las presiones bajas o normales, y también puede ser eléctrica. La presión de respuesta de una válvula de secuencia, generalmente es regulable. Se usa cuando un cilindro de una aplicación de varios cilindros debe avanzar antes que ningún otro. La bomba se conecta al orificio "P" y los cilindros a los orificios "A" y "B". Cuando se aplica presión al orificio "P", avanza el cilindro "A". El cilindro "B" no avanza hasta que se llegue a un ajuste de presión predeterminado en el cilindro "A". La presión puede ajustarse con el tornillo de ajuste.

Se selecciono una válvula antirretorno JUN WELL a 3000 psi. Ver anexo D.

Figura 77. Válvula antirretorno



Para conseguir la válvula de secuencia de manera más económica que la compra de una válvula de serie se utilizo la combinación de válvula antirretorno y válvula limitadora de presión.

Figura 78. Conjunto de válvula de seguridad y antirretorno que forman válvula de secuencia



D) Manómetros

Los manómetros son los aparatos destinados a medir la presión del fluido en una línea del sistema. Además permiten el ajuste de válvulas a la presión requerida en una línea del sistema, hacen posible también el control de la fuerza que ejercen los cilindros durante la etapa de trabajo.

Al escoger los manómetros como mínimo debe superar la escala en un 30% de dicha presión máxima o llegar a duplicarla. En nuestro caso la presión máxima de trabajo es 2500 psi luego se escogieron manómetros circulares con una escala de 0-5000 psi. El diámetro de la carátula de 4 pulgadas para empotrar en panel con brida de tres agujeros de fijación, conexión posterior y centrada en el cuerpo, con baño de glicerina transparente que cubre toda el área de la carátula y la aguja indicadora y cuya función es amortiguar los movimientos bruscos a que puede estar sometida la aguja indicadora

Figura 79. Conjunto de manómetros del sistema oleohidráulico



E) Tubería flexible y racores

Los tubos y racores son elementos que se emplean para conectar entre sí los distintos componentes que integran los circuitos oleohidráulicos y

transportan el fluido, muchas veces con presión para realizar el trabajo del actuador, otras sin apenas presión para desalojar las cámaras del mismo actuador y conducir al fluido hacia el depósito y, finalmente son utilizados también como conducto de aspiración del fluido desde el depósito que lo almacena, hasta la misma bomba.

Para la selección de la tubería esencialmente se debe tener en cuenta: el transportar aceite a presión a lo largo de todo el circuito, con mínimas pérdidas o caídas de presión para aumentar el rendimiento del sistema y evitar aumentos innecesarios de temperatura en el aceite además de buscar la forma más económica posible.

Para disminuir esas pérdidas se recuerda que deben seleccionarse tuberías suficientemente dimensionadas en cuanto a diámetro interior se refiere, lo más cortas posibles, con interiores lisos y reducir en lo posible estrangulaciones, los cambios bruscos en la dirección del fluido, etc.

Los tubos en los circuitos oleohidráulicos cumplen diferentes funciones y , por tanto, la elección de los mismos dependerá de esa función. En una instalación oleohidráulica existen tubos de aspiración, tubos de presión, tubos de retorno y tubos que cumplen con la doble función de presión y retorno.

Los parámetros esenciales para la elección son la presión que deben soportar en nuestro caso 2500 psi, el caudal que circulara por el interior de los mismos 5 G.P.M y la velocidad del aceite en nuestro caso 2.49 m/s.

La tubería seleccionada en nuestro caso fue tubería flexible construida a base de elastómeros en su capa exterior e interior y reforzados interiormente con trenzado de alambre de acero SAE 100 R1 y R2.

Diseño del depósito de aceite

A) Criterios de diseño

El depósito de un sistema hidráulico es inicialmente el recipiente destinado a almacenar el fluido necesario para el funcionamiento normal del sistema; sin embargo, el depósito, debe también realizar otras funciones como la de facilitar la disipación del calor del fluido, o la separación de aire que este pueda contener.

La capacidad del depósito debe ser de 2.5 o 4 veces el caudal máximo por minuto de la bomba que de él aspire. Este volumen permite normalmente que el fluido se renueve entre ciclo y otro, por lo que se consigue la disipación de calor conservando temperaturas dentro del depósito en un rango que no excedan 60-65°C, la sedimentación de partículas de gran tamaño, y la eliminación de burbujas de aire que pueda contener el fluido.

B) Cálculos de capacidad y forma del depósito de aceite

La bomba seleccionada para el circuito hidráulico de control de los cilindros de taponamiento es Bomba de Paletas Vickers V10 de 2500 psi a 1800 rpm con un caudal de 5 GPM.

Tomando la norma mencionada anteriormente tenemos que el volumen del depósito es:

$$V_{\text{Depósito}} = 4 \times Q_{\text{Bomba}}$$

$$V_{\text{Depósito}} = 4 \times 5 \text{ Galones}$$

$$V_{\text{Depósito}} = 20 \text{ Galones}$$

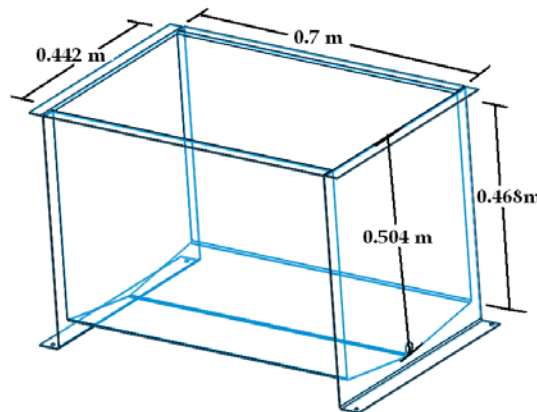
$$\text{Capacidad} = 20 \text{ galones} = 75708,23568 \approx 75710 \text{ cm}^3$$

Durante el funcionamiento del sistema se producen fluctuaciones en el nivel del aceite ya que cuando los elementos de trabajo son cilindros, existen diferencias de volumen entre una y otra cámara del mismo. Cuando el vástago avanza, el cilindro admite mayor cantidad de aceite en la cámara de avance que la que es capaz de desalojar a través de la cámara de retroceso. Cuando el vástago retrocede se invierte el proceso: el cilindro admite menor cantidad que la que es capaz de hacer retornar al depósito. Debido a esta razón, es preciso tener en cuenta al diseñar el tanque un cierto volumen de aire en la parte superior, que suele oscilar entre el 20-30% del volumen total.

Con un volumen superior de aire del 30% se tendría un volumen total de
 $\text{Capacidad total} = 75710 \text{ cm}^3 \times 1.3 = 98423 \text{ cm}^3 = 26 \text{ galones}$

Considerando el lugar de trabajo final de este se reconoce como limitante la altura del tanque, por lo que las dimensiones finales consideradas se muestran en la figura 80.

Figura 80. Diseño del tanque de aceite



El Volumen final obtenido a partir de este diseño de tanque es de 39.61 gal. Con este diseño se maximiza el área que favorece la transferencia de calor del aceite al medio ambiente y también cumple con las necesidades de volumen que se requería para la ubicación final del tanque.

El proceso de fabricación del tanque y el montaje de sus accesorios como termómetro, sensor de nivel, tapa de llenado, filtros y tapón de vaciado se describen en el capítulo 5.

4.1.4 Sistema hidráulico de presurización y despresurización. Se puede entender a este sistema como el más importante del equipo y a la vez el más condicionado pues es el que describe la norma ASTM E 1003-95 con mayor detalle, El diseño de este sistema se hizo basado en los requerimientos de dispositivos descritos en la norma más específicamente en el numeral 8 de esta denominado “aparato”.

El punto de partida para la determinación de este sistema fue la bomba de presión, por las razones expuestas en el capítulo 3 se selecciona la bomba mecánica de pistones y no la bomba manual, de la bomba mecánica se tenían ya unas condiciones de entrega de presión y caudal que sugerían la utilización de un diámetro de tubería, y una entrada de potencia, igualmente la bomba de presión venía incorporada con una válvula de alivio de presión y una válvula reguladora de presión.

Por la condición de presiones máximas de prueba de valores cercanos a los 225PSI se selecciona una manguera con capacidad de hasta 300psi, el detalle de la selección de esta se presenta en el anexo C, catálogos de accesorios del sistema hidráulico. Se adiciono un manómetro y una válvula reguladora de

caudal tipo globo a la salida de presión de la bomba que permitiera la graduación de la presión de la bomba antes del montaje de cada prueba.

Se requería la implementación de válvulas de cierre que permitieran controlar las operaciones de llenado y desagüe en el montaje de accesorio de hierro gris a probar y para esto se seleccionaron válvulas de cierre tipo bola que son válvulas empleadas para trabajo on-off. Se implemento también una línea de medida de presión al tablero de control acompañada de una válvula de bola que trabaja como una válvula de venteo de emergencia que se requería conectar en la línea de retorno al tanque. Para proteger la bomba de la suciedad presente en los accesorios se incorporó en las líneas de retorno a tanque dos filtros en Y de bronce con filtración por canastilla de malla de acero inoxidable mesh 20 a los que se les adicionaron válvulas de cierre que sirven como válvula de purga y limpieza para facilitar el drenaje en los filtros.

El sistema de parada de presión de emergencia se realiza con una combinación del sistema eléctrico que por medio de un botón de parada de emergencia ubicado en el tablero se corta la corriente que va hacia el motor.

La selección del motor eléctrico y la transmisión se realizo cumpliendo las condiciones de operación de la bomba que recomienda el fabricante en el catalogo, este catalogo puede verse en el capítulo de anexos del sistema hidráulico (Ver anexo C) donde se presenta la información suministrada por el fabricante de la bomba.

Para condiciones de operación de la bomba de presiones entre 21-35 Kg-cm² es decir 300-500 psi se requieren 3Kw de potencia en la entrada y se obtiene una succión de 28 l/min a una velocidad de 800RPM.

Se selecciono un motor de 3Kw marca siemens a una velocidad de 1800rpm por lo que se le adapto una transmisión de correa.

La polea conducida que es con la que se vende la bomba de serie corresponde a una polea tipo A de 2 canales y diámetro medio de la polea de 24 cm por lo que para obtener una velocidad de la polea conducida de aprox 800rpm se le adiciono al eje del motor una polea de diámetro medio de 10 cm se tiene entonces que por teoría de transmisión de correas

$$\text{ECUACION 4.14} \quad \frac{\text{Diámetro polea conducida}}{\text{Diámetro de la polea motriz}} = \frac{\text{Velocidad eje motriz}}{\text{Velocidad eje conducido}}$$

De la ecuación 4.14 se tiene una velocidad en el eje conducido de 750 rpm

La selección de las correas se hizo teniendo en cuenta el perímetro de la polea mayor, el perímetro de la polea menor y la distancia entre centros de los dos ejes de poleas, por la teoría de transmisión de correas se tiene que:

$$\text{Ecuación 4.15} \quad 2C + PM/2 + Pm/2 = Lc$$

Donde C es la distancia entre centros, PM es el perímetro mayor, Pm es el perímetro menor y Lc es la longitud de la correa.

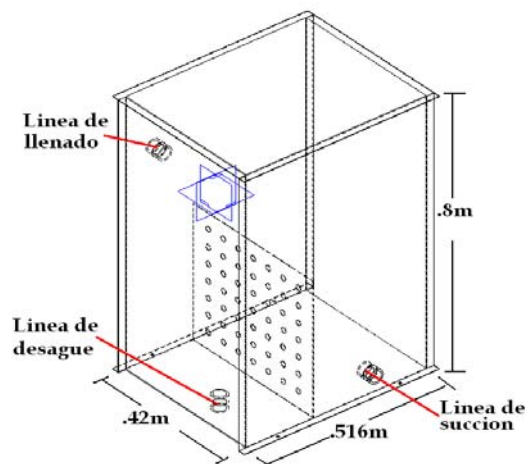
De la ecuación 4.15 se tiene una longitud de 1216.54mm o 47.87pulgadas por lo que las correas seleccionadas corresponden a 2 correas tipo A48.

El diseño del tanque de agua se hizo pensando en el volumen requerido para llenar el accesorio de mayor tamaño, este es la cruz de 12x12 pulgadas, para llenar esta se requieren 85.86 litros por lo que inicialmente se considero un tanque con un volumen total de 2 veces esta capacidad, teniendo en cuenta el

margen de funcionamiento de la bomba por recirculación, el nivel de succión elevado con respecto al piso del tanque para sedimentar las suciedades y el nivel de retorno a tanque separado de la tapa del tanque, por lo tanto se tendría un volumen útil de aproximadamente 130 litros.

Las dimensiones finales del tanque estuvieron condicionadas por el volumen de almacenamiento del tanque y por la ubicación de este dentro del chasis, se diseñó un tanque que fuera posible montar y desmontar en el centro del chasis y que además diera espacio para ubicar el conjunto motobomba del sistema hidráulica en la misma sección del chasis donde se ubicara el tanque para facilitar la línea de succión de la bomba, de estas condiciones se obtuvo un tanque con las siguientes medidas 0.516m, 0.420m y 0.8m en Largo ancho y alto respectivamente, por las consideraciones hechas anteriormente se tiene un volumen total de 173 litros y un volumen útil de 117 litros. El desagüe fue ubicado en la lámina del piso del tanque y se le instaló una válvula de cierre de 1" en esta línea para facilitar el lavado del tanque. En la figura 81 se aprecia el diseño del tanque del agua donde se indica las líneas respectivas de funcionamiento del tanque.

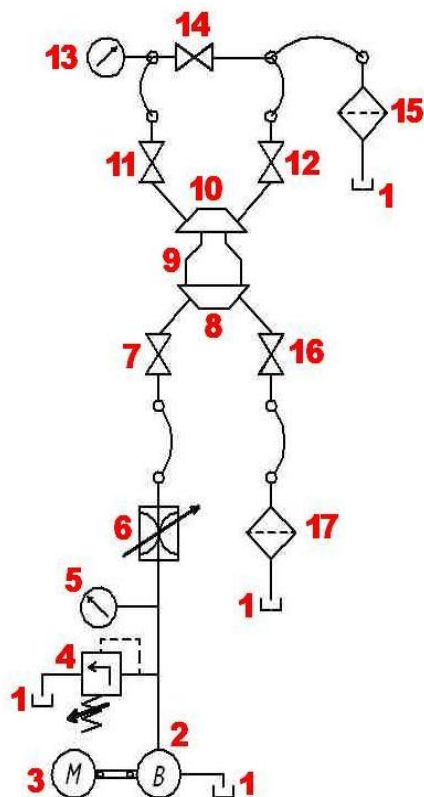
Figura 81. Diseño del tanque de agua



Los elementos presentes en este sistema se seleccionaron buscando cumplir la mayor conformidad con la norma sin elevar el presupuesto del proyecto y de fácil reposición por parte del mercado local en caso de avería.

En la figura 82 se muestra el diagrama final del sistema hidráulico y todos los elementos, en el anexo C se pueden encontrar las fichas técnicas de los accesorios que constituyen el sistema hidráulico.

Figura 82. Diagrama final del sistema hidráulico

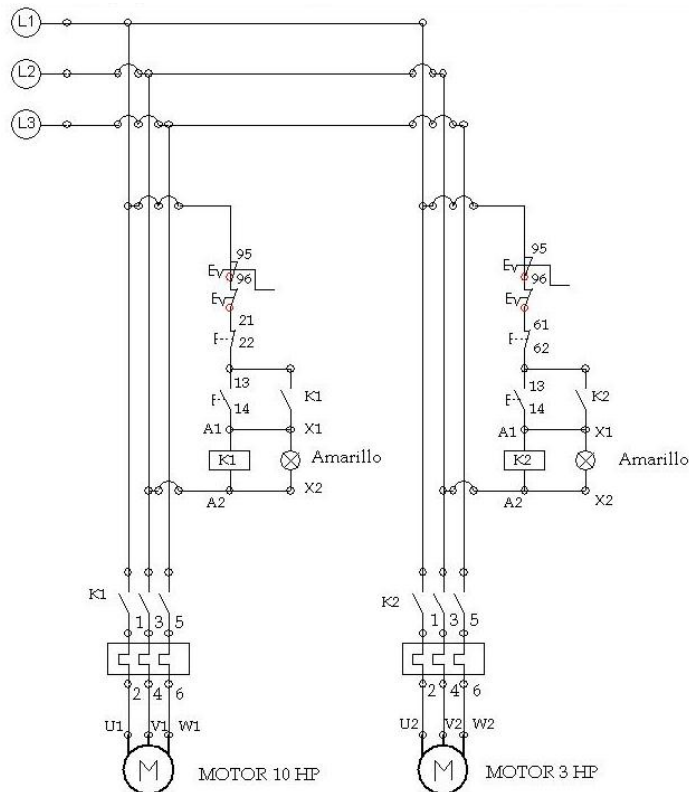


1. Tanque de almacenamiento de agua.
2. Bomba de pistones.
3. Motor Electrico.
4. Valvula reguladora de presion.
5. Manometro de calibracion para la bomba.
6. Valvula reguladora de caudal.
7. Valvula de cierre de alimentacion.
8. Tapon removible para prueba.
9. Accesorio a probar representadio como una reduccion.
10. Tapon removible para prueba.
11. Valvula de cierre a tablero de control.
12. Valvula de cierre de trampa de aire o desaire.
13. Manometro de lectura de presion en accesorio de prueba.
14. Valvula de venteo de emergencia.
15. Filtro de agua para lado venteo y lado desaire.
16. Valvula de cierre para desague.
17. Filtro de aqua para lado desaque.

4.1.5 Sistema de control eléctrico. El sistema eléctrico consiste en dos circuitos encargados de dar arranque y parada a los dos motores que otorgan la potencia al sistema hidráulico y al sistema oleohidráulico.

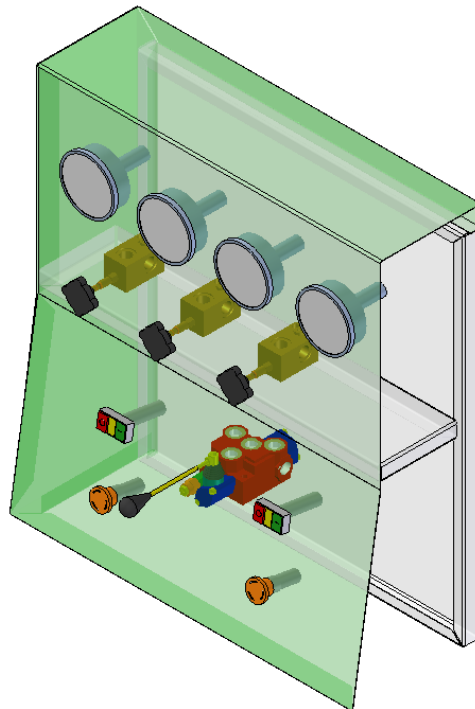
La energía eléctrica para el equipo fue seleccionada basada en la disponibilidad de la planta la cual es de 220V de tensión y conexión trifásica. Cada sistema está constituido por una botonera de encendido color verde y apagado de color rojo sin enclavamiento con una luz indicadora de funcionamiento y un botón de parada de emergencia tipo seta con enclavamiento, estos controles están ubicados en el tablero de control. Además cada circuito cuenta con un contactor tripolar de potencia y un rele térmico para seguridad y protección de los circuitos eléctricos, estos dispositivos son ubicados en una caja de controles eléctricos instalada junto a la unidad oleohidráulica bajo el tablero de control y con tapa para evitar la manipulación de estos. El diagrama eléctrico diseñado e instalado en el equipo se presenta en la figura 83.

Figura 83. Diagrama del diseño del circuito eléctrico instalado.



4.1.6 Tablero de control. Para el diseño del tablero de control se tuvieron en cuenta consideraciones de ergonomía al ser este elemento el de mayor interacción con el operario. Se consideraron situaciones de trabajo y de diseño para el tablero de control como Frecuencia de uso, carga visual de trabajo, posible agrupamiento de controles secuencia de lectura de los controles, carga de trabajo físico, movilidad del usuario, nivel de atención y concentración de la persona. A partir de estas consideraciones se estimó una altura del plano de trabajo de entre 1000mm y 1700mm y un área para los controles de 750 mm x 700 mm. El material considerado para la fabricación del tablero de control fue lamina *cold rolled* calibre 14 debido a su bajo peso con dobleces en sus extremos para mejorar la rigidez y evitar estructuras de chasis que aumentarían el peso del elemento. En la figura 84 se muestra el diseño del tablero de control con la distribución de controles para el sistema oleohidráulico.

Figura 84. Diseño del tablero de control en la sección de controles del sistema oleohidráulico.



5. CONSTRUCCIÓN ENSAMBLE Y MONTAJE DEL EQUIPO BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICO

Como se indico al inicio del capítulo 4 en la selección de los materiales para la fabricación del equipo influyo la gran cantidad de materia prima disponible y el reciclaje de materiales en la fábrica de la empresa, además de la disponibilidad de insumos y la facilidad de fabricar piezas a la medida en fundición de hierro gris gracias a la disposición de un equipo de modelistas y fundidores de la fabrica IDEA Ltda. En la figura 85 se observa una vista general del equipo terminado y en estado operativo.

Figura 85. Vista general del equipo terminado conformado por tablero de control y sistema de sujeción y posicionamiento en estado operativo



5.1 DESCRIPCIÓN PARTICULAR

A continuación se presenta la descripción particular de la fabricación de cada uno de los sistemas constitutivos del equipo banco de pruebas hidrostático y de la ejecución de los diseños presentados en el capítulo 4.

5.1.1 Sistema estructural. Por el sistema estructural se entiende todo los elementos que sirven para sujetar los dispositivos y los sistemas de control requeridos por el banco de pruebas.

El chasis. Las dimensiones generales para este elemento son 2000mm X 1120mm X 1474mm.

En la figura 86 se observa el desarrollo del elemento chasis a partir de canal U de 3" A36 en diferentes etapas del proceso de producción.

Figura 86. Fabricación del elemento chasis en diferentes etapas del proceso



El material seleccionado para la fabricación de este fue el perfil estructural tipo Canal C de 3" x 4.1 lb por pie lineal de material acero estructural A 36, la escogencia de este se hizo inicialmente por la disponibilidad de materia prima existente en la planta de producción y posteriormente se analizó la mejor configuración para la construcción de este.

El consumo total de materiales para este elemento fue de 26 metros de canal del mencionado y dos cortes de lamina alfajor de calibre 1/8 HR de 1120mm x 640mm que se usaron para dar pisos a las secciones de maniobras del equipo. Además se utilizaron otros cortes de perfilera tipo platina de 2x 1/2" HR y de ángulo de 1x 1/4" para soportar el motor el tanque y la bomba del sistema hidráulico en el centro del chasis.

El proceso de soldadura a utilizar fue soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido de calibre 1/8" y clase 7018 para propósitos generales de soldadura para uniones de alta resistencia mecánica en una junta tipo filete con un cateto de aproximadamente 4mm.

El acabado final fue pintura tipo esmalte martillado color gris con una base en pintura anticorrosivo gris.

El marco de apoyo. El primer elemento a describir para presentar la fabricación del elemento marco de apoyo es el tubo eje que permite pivotar los aros una vez haya sido ubicado el accesorio en posición de hermeticidad. En la figura 87 se puede observar el tubo eje montado sobre las chumaceras y soportando el marco de apoyo de los aros.

Figura 87. Fabricación y montaje de elemento tubo eje



Este fue construido a partir de tubería de acero al carbono de diámetro nominal 2.5" y calibre Sch 40 que para este diámetro corresponde a una pared de aprox 5/16 y en la punta posterior le fue soldado un canal C de 3" x 4.1 lb por pie lineal de material acero estructural A 36 del mismo usado para el chasis como brazo de palanca para facilitar el pivote de los aros. El proceso de soldadura de este canal fue junta tipo filete con cordón continuo. Ver figura 88.

Figura 88. Detalle de fabricación de brazo palanca de tubo eje.



Este tubo eje fue montado sobre dos chumaceras fabricadas en fundición de hierro gris y atornillado al chasis. El interior de estas fue mecanizado en torno para mejorar el acabado interno y darle las dimensiones necesarias para que el tubo eje tuviese un giro suave sobre estas.

La parte inferior de estas chumaceras fue atornillada al chasis y en su cara superior fue roscada para un tornillo de 5/8" con rosca UNC. La parte superior de la chumacera fue perforada en diámetro 5/8 con agujero pasante para fijarla a la chumacera inferior, el tipo de tornillo empleado para este propósito fue de diámetro 5/8" X 2.5" con rosca UNC y en acero para tornillería grado 5.

En la figura 89 se muestra una de las chumaceras después del proceso de desmoldado de fundición y antes del proceso de mecanizado.

Figura 89. Chumaceras en proceso de fabricación



El siguiente elemento en fabricar para el conjunto marco de apoyo es la lamina marco de apoyo (ver figura 90) con sus barras de distanciamiento entre los aros y la lamina misma que le dan espacio de inspección al operario y a los accesorio de diámetros grandes.

El material empleado para la fabricación de este subconjunto, fue lamina de acero estructural A36, ángulo de acero estructural A36 de perfil 2"X 3/16" rolado que mejora el área de contacto entre los elementos, eje en acero 1020 de diámetro 1 ¼" y platina de perfil 1.5" x ½". Se emplearon dos bridas tipo slip-on en la zona de ensamble de la lámina con el tubo eje para mejorar el contacto de unión y para reforzar la lámina en esta zona.

Adicionalmente se soldaron platinas de calibre 2" x 3/16" en dirección radial por la parte trasera de la lámina para mejorar la resistencia y peso de esta en comparación a una lamina de mayor calibre que diera la misma resistencia.

El material empleado para la fabricación de los aros fue tubería de acero al carbono de diámetro nominal 2.5" y calibre Sch 80 que para este diámetro corresponde aprox a 5/16". Todo el material aquí descrito se encontraba disponible en la planta de producción y la configuración de mayor resistencia para este conjunto fue desarrollada a partir del diseño y la verificación con el software CAD Solid Edge V12 y CAE Ansys Workbench 8.1.

En la figura 90 se aprecia el conjunto soporte aros en proceso de fabricación.

Figura 90. Fabricación del conjunto soporte aros



5.1.2 Sistemas de sujeción mecánico y oleohidráulico. Este subconjunto de elementos está conformado por lo que se ha denominado como brida abierta y conjunto de actuadores.

Fabricación de Conjunto de actuadores tipo tuerca y tornillo de potencia. Este conjunto fue fabricado en acero 1045 y fundición de hierro gris y la selección de estos materiales obedeció inicialmente a la disponibilidad de materiales por parte de la empresa.

a) El tornillo de potencia. El material empleado para este elemento fue un acero SAE 1045 calibrado con un modulo de elasticidad $E = 30 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ y un $S_y = 52 \text{ Kg/mm}^2$ con un diámetro de 44.45 mm una longitud total de 600mm con una rosca cuadrada tipo ACME de paso 0.5" en una extensión de 450mm y en su punta superior un mecanizado de rosca UNC recta a un

diámetro de 1.25" y una longitud de 1.5" o 38.1mm para sujetar el elemento que requiera el montaje, siendo estos tapón o dispositivo de montaje. El mecanizado de estos fue realizado en torno convencional y los dos elementos tuerca-tornillo fueron mecanizados con las mismas especificaciones. En la figura 91 se aprecia el conjunto tuerca tornillo en posición de trabajo.

Figura 91. Elemento Tornillo de potencia y tuerca terminado y en posición de trabajo.



b) Tuerca de potencia

El material seleccionado para este elemento fue en fundición de hierro gris, el desarrollo de la tuerca de potencia se inicio con la fabricación del modelo en madera con un margen de sobredimensionamiento del 2% por efectos de

contracción en el proceso de fundición para luego llevar este a un molde de arena para finalmente fundirla en hierro gris, la selección de este material fue basado en la disposición del equipo de fundición y de materia prima disponible en la fábrica de la empresa y de las muchas aplicaciones de este tipo que tiene este material.

La tuerca consta de un cuerpo cilíndrico con un flanche en forma de brida en la parte superior para fijar estas a las abrazaderas por medio de tornillos, el detalle de la posición final de trabajo de las tuercas se aprecia en la figura 91. La verificación de la utilización de este material y sus dimensiones se ha presentado en el capítulo 4.

Abrazaderas portaactuadores. El diseño de las abrazaderas que sostienen los actuadores hidráulicos varía de las abrazaderas que sostiene los tornillos de potencia. La figura de cada abrazadera tipo tornillo y abrazadera tipo cilindro hidráulico se presenta en las figuras 48 y 49.

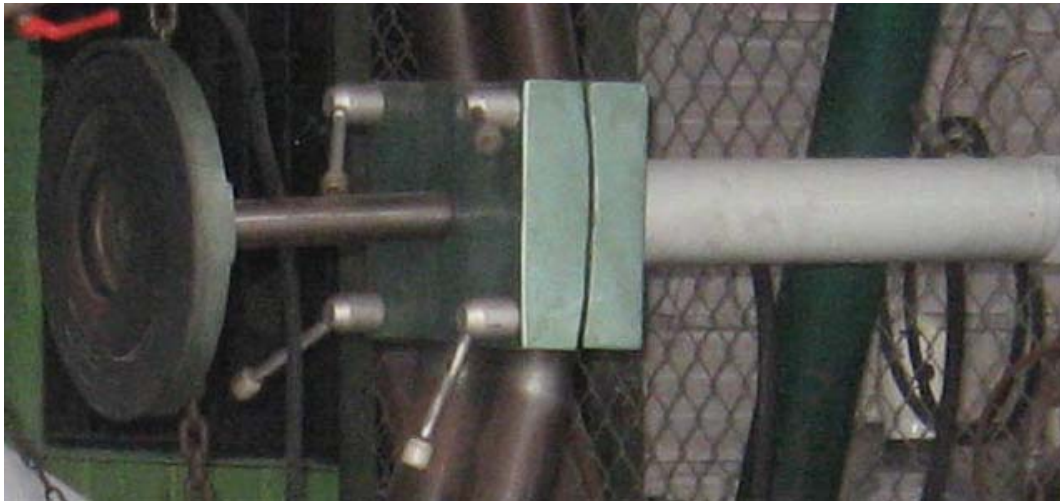
Estos fueron fabricados en fundición de hierro gris y la matriz para fabricar el modelo fue fabricada a partir del conjunto soporte aros para obtener una optima área de contacto, una vez se tuvo todos los elementos fundidos se inicio el proceso de mecanizado donde se diferenciaron para el caso de aplicación según fuese a trabajar con cilindro hidráulico o tornillo de potencia. Se tomo como estándar la sujeción de la brida externa con la interna y para esto se perforo y rosco la brida externa en las esquinas para un espárrago de diámetro 5/8", el material seleccionado para el espárrago fue varilla roscada tipo b7, la selección de este obedeció al material de mayor resistencia encontrado en el mercado y de la longitud requerida. Este espárrago va fijo en la brida externa.

La tuerca de ajuste para la brida interna con respecto a la externa y que rosca en los espárragos que se fijaron a la brida externa se fabrico tipo manija para evitar el trabajo con herramientas sobre la maquina y fue mecanizado en material eje SAE 1045 de diámetro 1.5" y con una palanca en ángulo con respecto al eje vertical de 45 grados y está fabricada en eje SAE 1020 y con una punta suavizada en material plástico (PROLON) para sujetarlo fácilmente con la mano y permitir fácilmente la aplicación de la fuerza por parte del operario. Un detalle de las bridas en fabricación y de las tuercas manijas se observa en las figuras 92 y 93.

Figura 92. Elementos tipo brida en fabricación



Figura 93. Elemento tipo brida en montaje con detalle de las tuercas tipo manija



Elementos de contacto con los accesorios. Los elementos denominados de contacto con los accesorios son los encargados de taponar las entradas al accesorio y son de dos tipos, Tapones ciegos y tapones alimentadores, El diámetro externo de estos es de 340mm y su peso y altura varía según el tipo de tapón siendo de 32KG y 150mm para el primero y de 28kg y 120mm para el segundo. El material empleado para la fabricación de los tapones fue fundición de hierro gris tipo ASTM 48, el material y el proceso de fabricación fue aportado enteramente por la fabrica de la empresa IDEA LTDA. El proceso de fabricación fue como se presenta a continuación, a partir de las dimensiones dadas al modelista procedió a realizar un modelo en madera con un 2% de sobrematerial en todos sus medidas por efectos de contracción del material en el enfriado de este, este modelo sirvió como macho para el proceso de fundición en arena, una vez fundido y desmoldado se le realizo un proceso de mecanizado en torno y taladro para darle las medidas y acabado finales, las medidas y detalles finales de esta pieza se muestran en el anexo de planos del equipo.

En la figura 94 y 95 se ve los modelos fabricados con sobredimensionamiento y listos para el proceso de moldeo.

Figura 94. Modelo en madera para moldeo en arena de tapón alimentador



Figura 95. Modelo en madera para moldeo en arena de tapón ciego



Figura 96. Momento de colada para tapones



Después de la colada de los tapones se les realizó un proceso de mecanizado en torno para refrentar las caras que taponan los accesorios y para roscar el agujero por donde se sujetan los tapones a los actuadores, esta rosca corresponde a una rosca recta triangular tipo $1 \frac{1}{4}$ " UNC, en la cara de contacto de los tapones con los accesorios se fabricaron unas cajas en forma de círculo y todas concéntricas para ayudar al centrado del accesorio al momento de la prueba y disminuir la posibilidad de desalineamiento en el montaje. Adicionalmente a cada superficie de cada tapón se le pegó un caucho en neolite con la forma del área de contacto entre el accesorio y el tapón para mejorar el sellado entre el tapón y el accesorio, también se fabricaron empaques en caucho reciclado de llanta de automóvil que protegen el sello de neolite y que actúan como empaques fusibles o de

sacrificio que se deterioran con cada prueba debido a la fuerza de sello de los actuadores con los accesorios.

Los tapones alimentadores se diferencian de los tapones ciegos en que llevan enfrentados a 180 grados dos perforaciones inclinadas a un ángulo de 45 grados con respecto al eje vertical y que se encuentran en el centro del tapón en un diámetro igual al diámetro interior del espigo de un accesorio de 2", estas perforaciones son roscadas en diámetro ½" NPT para fijar allí las válvulas que permiten alimentar, desairear, medir la presión y desaguar el accesorio.

En las figuras 97 y 98 se observan los dos tipos de tapones terminados y listos para montaje.

Figura 97. Tapón tipo alimentador terminado y listo para montaje con detalle de fijación de válvulas para operación de prueba.

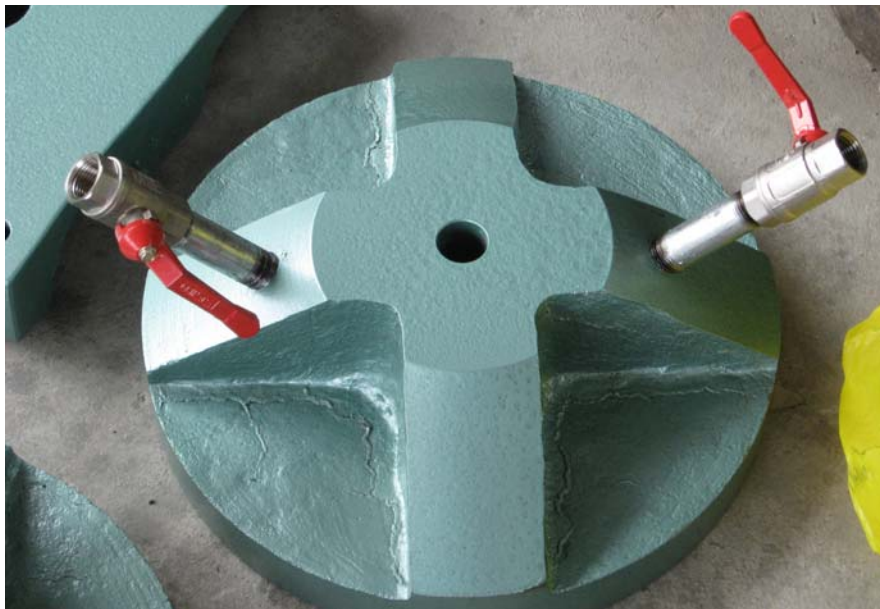


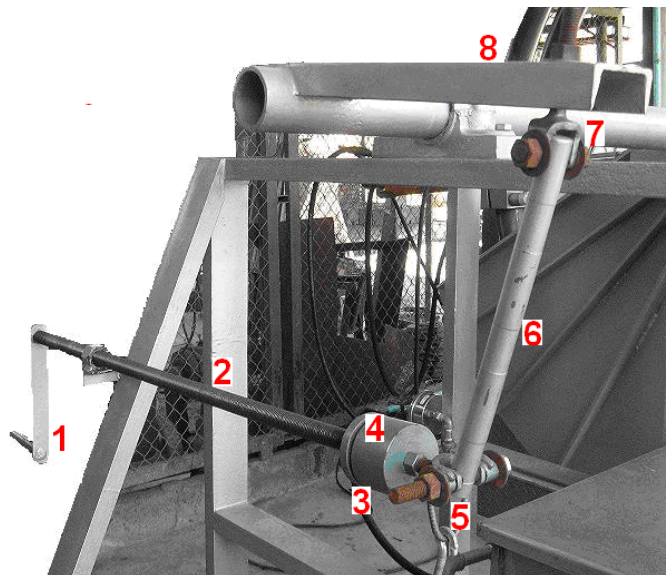
Figura 98. Tapón ciego listo para montaje con detalle de empaques pegados para mejorar el sello con el accesorio



Sistema manual de posicionamiento. En la figura 69 se muestra al igual que en la figura 96 los elementos constitutivos del sistema de posicionamiento manual, la diferencia de estas figuras es que en la 96 se presenta el sistema ya terminado y con todos sus elementos operativos e interactuando

Figura 99. Principales elementos del dispositivo de posicionamiento manual terminado.

1. Brazo de manivela
2. Varilla roscada de 1" de diámetro y rosca UNC
3. Carcaza portarodamiento.
4. Rodamiento axial y tuerca para convertir movimiento de rotación a traslación.
5. Horquilla y pasador.
6. Eje biela.
7. Horquilla y pasador.
8. Brazo soldado al tubo eje



El brazo manivela fue fabricado con platina en acero estructural A36 y una manopla en tubería galvanizada de ½" que gira gracias a un espárrago de diámetro 5/8" soldado a la platina, esta fue dispuesta a una altura de 1.2 metros del suelo para garantizar la mejor posición de fuerza del operario con respecto al suelo, La varilla roscada corresponde a un diámetro de 1" con rosca UNC que para este diámetro corresponde a un paso de 11 hilos por pulgada y una longitud de aproximadamente 720mm entre extremo de tuerca fija y rodamiento axial, La tuerca sobre la cual se desplaza la varilla roscada corresponde a una tuerca de 1" de diámetro nominal y acero grado 8 referencia 2H que ofrece mayor diámetro y longitud que una tuerca corriente de este diámetro, La varilla roscada en uno de los extremos lleva soldada la manivela que es operada manualmente por el operario y en la otra una tuerca con un pin de seguridad que asegura un rodamiento axial ref 51105 que convierte el movimiento de rotación y traslación de la punta de la varilla roscada en desplazamiento lineal puro a una caja portarodamiento fabricada en fundición de hierro gris con una tapa en lamina de acero A36 de calibre ½" y 4 tornillos grado 8 de 3/8" para asegurar la tapa de portarodamiento y sujetar el sistema; Luego viene sujeta a esta una horquilla fabricada en varilla roscada de 5/8" grado b7 y platina A36, que permite conectar un eje tipo biela de diámetro 25.4mm en acero grado SAE 1020 que va unido por medio de otra horquilla de similares características a la anterior a un brazo soldado al tubo eje en perfil estructural en acero A36 tipo canal U de 3".

Sistema oleohidráulico de posicionamiento y sellado. La fabricación de este sistema consistió básicamente en el ensamble de la mayoría de los elementos. Algunos elementos del sistema fueron construidos durante el proyecto y otros fueron remanufacturados a partir de piezas de segunda mano bajo responsabilidad del gerente de la empresa pensando en la economía del

proyecto. En la figura 100 se muestra el montaje final con sus conexiones de las válvulas entre si y cableado oleohidráulico

Figura 100. Sección de válvulas del sistema oleohidráulico



Se usaron dos cilindros hidráulicos remanufacturados que cumplen las características buscadas. La reconstrucción de los cilindros estuvo a cargo del taller de hidráulica móvil del SENA regional Girón a cargo del profesor Señor Reinaldo Coronel. El diámetro del pistón de los actuadores hidráulicos corresponde a 3.5" y el diámetro del vástago es de 1 3/4" con una carrera de 50 cm. En la figura 101 se aprecia el cilindro remanufacturado en la posición de trabajo.

Figura 101. Cilindro oleohidráulico remanufacturado en posición de trabajo vertical



La selección e información de los otros elementos del sistema oleohidráulico como bomba, motor, mangueras, racores, válvulas de seguridad, válvulas direccionales y válvulas antirretorno se presenta en el capítulo 4 y en el anexo D.

Construcción del depósito de aceite. El depósito se construye con lámina de calibre 1/8" acero HR. En el interior fue pintado con pintura Epoxipoliamida resistente al aceite hidráulico de color blanca con el objeto de apreciar mejor la posible suciedad del aceite, e impurezas y evitar reacciones químicas entre el aceite la lámina del tanque y la pintura.

El fondo se construyó con una ligera inclinación de 8° aproximadamente en ambos sentidos, con objeto de facilitar el vaciado del depósito a través del conducto de desagüe provisto de tapón.

Los procesos de corte y doblaje de la lámina fueron contratados con talleres externos a la fábrica y el proceso de soldadura se realizó con cordón continuo y soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido de clase 7018.

Para lograr el adecuado funcionamiento de la bomba es preciso que la aspiración de la misma se produzca en una zona calmada del fluido, que se encuentre exenta de turbulencias. Para ello se instaló una pared de lámina que funciona como baffle para dividir el tanque en dos secciones una de succión y otra de llenado. Dicha pared se agujeró en toda la superficie para retardar el llenado de la sección de succión y darle un recorrido al aceite que lo pueda enfriar.

Para eludir también las turbulencias el conducto de aspiración se ubicó lo más lejos posible del ducto de retorno y para evitar la aspiración de cierta suciedad del fondo del depósito.

En cuanto al conducto de retorno se procuró proyectar el aceite hacia la pared del depósito y en sentido contrario a la aspiración cortando el tubo en su parte inferior con un ángulo de 45° grados aproximadamente.

El control de nivel y temperatura del aceite están incorporados en un solo cuerpo indicando nivel máximo y mínimo como a su vez una escala de graduación para temperatura en grados centígrados de 0° a 100°C y grados Fahrenheit que indica en todo momento la temperatura del aceite del

depósito, dato que nos indica el comportamiento del aceite y el sistema bajo ciertos parámetros de funcionamiento.

En la parte superior se instaló un ducto de llenado de aceite con un tapón que cumple la triple función de hacer de tapón de dicho ducto, de filtro de aceite en la operación del llenado del depósito y de filtro de aire con desvaporador de aceite incluido cuyo misión es la de hacer que cuando se producen las fluctuaciones de nivel en el líquido, el aire que se introduce o sale del depósito hacia el exterior, lo haga a través del filtro correspondiente y la función desvaporadora, se trata de evitar en lo posible que al calentarse el aceite del depósito los vapores que se producen se escapen al exterior.

La función de los filtros de aspiración y retorno en el sistema oleohidráulico es retener algunas impurezas sólidas cuyos tamaños oscilan entre $1\ \mu\text{m}$ y unas $100\ \mu\text{m}$ aproximadamente que son dañinas para el sistema manteniendo el aceite del circuito limpio, no contaminado; ya que algunos mecanismos interiores de los componentes hidráulicos son muy delicados y muy vulnerables a la suciedad. Por ejemplo los ajustes de gran precisión en la bomba, válvulas reguladoras de flujo, en válvulas antirretorno, etc.; hacen que una simple partícula de tamaño reducido, sea capaz de ocasionar una avería tal que paralice durante un tiempo el funcionamiento de la máquina además que disminuye el rendimiento de la bomba y también la duración de su vida útil.

Los filtros convencionales tamizan partículas a partir de las $10\ \mu\text{m}$, pero hoy en día para aplicaciones especiales, ya se encuentran en el mercado filtros para tamizar partículas mucho más pequeñas cuyos grados de filtrajes pueden llegar hacer 5, 3 y hasta $1\ \mu\text{m}$. A medida que aumenta el tamaño de

las partículas sólidas, el daño que producen es los dispositivos del circuito también es mayor. Las partículas por debajo de 10 μm además de ser difíciles para retener los efectos perjudiciales apenas pueden ser apreciables por eso la mayoría de los filtros que se encuentran en el mercado oscilan entre 10 μm y 125 μm .

El nivel de filtraje más conveniente depende del tipo de bomba y de la presión de funcionamiento. A medida que la presión crece, el tamiz disminuye y el rendimiento del filtro se hace menor a medida que el grado de filtraje disminuye.

El **filtro de aspiración** se instala, como se explicó anteriormente en el ducto de aspiración de la bomba, con el objeto de filtrar el aceite que aspira la misma. El filtraje se realiza desde el exterior hacia el interior del elemento, lo cual facilita la limpieza del mismo ya que la suciedad queda adherida a la pared externa del filtro. Las pérdidas de carga en estos componentes no suelen superar 0.10 bar. (1.45 psi) valor despreciable en comparación de otras pérdidas de carga que se producen en el circuito.

El filtro escogido para la succión corresponde a un filtro con una capacidad de filtración de 150 μm (colador) una Presión de 2500 Psi (173 bar.) y una capacidad de flujo de 13 (G.P.M) galones por minuto.

El **filtro de retorno** se instala en el colector de retorno para filtrar la totalidad del fluido que regresa al depósito.

Los grados de filtraje más corrientes son de 10 a 90 μm y la caída de presión no superan 0.4 bar. (5.8 psi). El filtro escogido para el retorno es un Filtro de

retorno de 40 μm y con una capacidad de flujo de 13 G.P.M (galones por minuto).

La función del tapón de vaciado es permitir el drenaje del aceite del depósito para su limpieza. Se selecciono un tapón macho con cuadrante y galvanizado para evitar reacciones químicas con el aceite, este se instalo en la parte más baja del tanque.

Figura 102. Conjunto tanque ensamblado y en posición de trabajo



Sistema hidráulico de presurización y despresurización. La fabricación de este sistema al igual que el sistema oleohidráulico lo constituyo el ensamble de los elementos que constituyen a este.

La selección e información de los elementos del sistema hidráulico tales como motor, bomba, manómetros, conductos y válvulas se presentan en el capítulo 4 y las fichas técnicas de estos en el anexo C.

Figura 103. Conjunto de sistema hidráulico de tanque, bomba, motor, manómetro y válvula reguladora de caudal.



Fabricación del tanque de agua El depósito se construyó con lámina de calibre 1/16" en acero inoxidable para evitar la corrosión por parte del agua que esta contiene.

Los procesos de corte y doblaje de la lámina fueron contratados con talleres externos a la fábrica y el proceso de soldadura se realizó con cordón continuo y soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido de clase inoxidable 308 de calibre 1/16". Se instaló una pared de lámina del mismo material que el de las paredes que funciona como baffle para dividir el tanque en dos secciones una de succión y otra de llenado, dicha pared se agujero en toda la superficie para retardar el llenado de la sección de succión y evitar turbulencias en la zona de succión.

La tapa del tanque va colocada sobre el tanque y se mantienen en su lugar solamente por las pestañas que le dan límite de desplazamiento a la tapa. El conducto de succión se ubicó lo más lejos posible del conducto de retorno y para evitar la aspiración de cierta suciedad del fondo del depósito se ubico la zona de succión 5 cm por encima del fondo del tanque para evitar que la bomba succionar sólidos decantados en el fondo del tanque. Se perforo el tanque en tres partes y se soldaron en estas uniones hembras de 1" en acero inoxidable para realizar las conexiones de desagüe, succión y línea de retorno al tanque. La línea de desagüe se ubico en la parte más baja del tanque y se le adicono una válvula de bola de 1" para facilitar la tarea de limpieza del tanque.

El tablero de control. La fabricación del tablero de control comprende también la estructura que soporta el sistema oleohidráulico y la caja de controles eléctricos. Las dimensiones generales para este elemento son 1.57m x 0.75m x 1.57m.

Para la sección del tablero de control se trabajo en lamina *coll roled* calibre 14 y los procesos de corte y dobléz fueron contratados con talleres externos a la fabrica, se tuvo especial cuidado en cumplir los requisitos ergonómicos para la fabricación de elementos de control para fácil visualización y alcance para los operarios, se juntaron todas las partes con soldadura de arco eléctrico y electrodo revestido clase 7018 de calibre 3/32. La pintura de acabado fue esmalte martillado gris y verde con una base en anticorrosivo verde. Se ubico en la parte derecha de los controles dos gavetas con su respectiva guarda y llave para guardar los elementos, herramientas y manuales requeridos por el equipo banco de pruebas y para la prueba hidrostática, además la zona de conexión de válvulas y botoneras eléctricas también fue sellada con una

compuerta trasera y llave para restringir el acceso a esta sección. Para mejorar la diagramación del tablero de control se coloco de manera vistosa la indicación de cada elemento del tablero de control. El proceso de fabricación del tablero de control se ve en la figura 104.

Figura 104. Tablero de control en etapa de fabricación



La estructura que soporta el sistema hidráulico soporta también el tableros de control y fue fabricada a partir de lamina alfajor HR de calibre 1/8" reciclada de la planta de producción y reforzada en las zonas de descanso del tablero

de control, tanque de aceite y motor que mueve la bomba de aceite con canal C de 3" del mismo usado para el chasis del marco de apoyo, el detalle de los refuerzos se aprecia en la figura 105, también se mejoro la rigidez de esta lamina con dobleces tipo U en los extremos de la lamina para que sirvieran de columnas y se hiciera más liviano el diseño pues con esto se evitaba la fabricación de un chasis y posterior recubrimiento para este elemento.

Figura 105. Detalle de los refuerzos a la lamina alfajor con canal tipo U.



El acceso a la unidad hidráulica fue restringido con dos puertas fabricadas en malla expandida calibre 30 que protegen la unidad hidráulica y la caja de controles eléctricos pero permite la inspección del tanque de aceite por parte del operario. El tablero de control fue montado sobre cuatro ruedas para facilitar el desplazamiento del tablero de control hasta la posición de trabajo de este con respecto al chasis y el marco de apoyo. En la figura 106 se puede ver el conjunto terminado tablero de control.

Figura 106. Tablero de control terminado



6. PRUEBAS Y OPCIONES DE MEJORA

6.1 PRUEBAS Y ENSAYOS

A continuación se presenta el procedimiento y las actividades de prueba para desarrollar la metodología de trabajo para realizar las pruebas de hermeticidad a los accesorios.

6.1.1 Prueba del sistema hidráulico y oleohidráulico. La prueba en estos sistemas se baso en verificar la hermeticidad en las líneas de conducción y en revisar el funcionamiento de cada elemento del sistema.

Cada sistema se probo de manera independiente y se verifico el funcionamiento de cada elemento de los sistemas y en grupo.

Se probo cada sistema a sus límites de presión establecidos, es decir para el sistema hidráulico desde 0 PSI hasta 300 PSI y valores intermedios y presiones oscilantes, de este se concluyo que la bomba de pistones requiere un tiempo de aproximadamente 2 minutos para estabilizar la lectura de presión en el manómetro y se aprovecho también estas pruebas para ajustar los sellos prensaestopas de cada válvula para trabajar en los valores de presión determinados, también se estableció como presión mínima de taraje de la bomba hidráulica una presión de 120 PSI debido a que este es el taraje mínimo permitido por la válvula reguladora de presión. Se observo que al trabajar la bomba de pistones a su presión máxima durante un tiempo prolongado esta presenta una fuga que puede describirse en gotas por

minuto, este defecto se considero como defecto de fabricación de la bomba y que no afecta los parámetros de funcionamiento de la bomba ni de la prueba hidrostática. Los manómetros se trabajaron desde el inicio con la calibración de fabrica y la certificación de estos quedo por cuenta de la empresa quienes manifestaron asumir la justificación de la no calibración de estos accesorios para su sistema de calidad, la no calibración inicial se hizo debido al costo adicional que implicaba para la empresa esta actividad y el gerente reconoce la importancia de la omisión de este procedimiento.

Para la prueba del sistema oleohidráulico se verifiko que este tuviera hermeticidad en todas sus líneas y se probo con presiones desde 0 PSI hasta 1600 PSI, se verifiko que se cumplieran las secuencias de trabajo por parte de los actuadores hidráulicos y se observo también que uno de ellos presenta fuga sostenida de aceite por el sello del lado vástago, esta fuga de aceite se considero aceptable teniendo en cuenta que los actuadores fueron remanufacturados y que de ellos no se esperaba ninguna garantía de hermeticidad, sin embargo se pudo comprobar que internamente tienen buena operación de sellado ya que sostienen sin ningún retroceso la carga impuesta.

La presión máxima para este sistema es de 1600 PSI ya que al tararla por encima de esta el motor eléctrico pierde velocidad. Se verifiko el funcionamiento de cada una de las válvulas y se reviso que la diagramación del tablero de control estuviera de acuerdo a la operación de los sistemas.

6.1.2 Prueba del sistema de posicionamiento. Se verifiko que todos los elementos fueran de fácil ajuste y movilidad, se determino que debido al peso del conjunto ensamblado de actuadores estos debían moverse con la ayuda

de un polipasto de cadena para evitar accidentes, se verifico también que los tornillos de potencia tuvieran el desplazamiento suficiente para ajustar todas las geometrías de accesorios y se ubico de manera permanente el tornillo de potencia denominado como tornillo 1 teniendo en cuenta que este se considera como punto inicial para todos los montajes de los accesorio y también como referencia inicial para la alineación que requiere cada montaje.

6.2 PRUEBA HIDROSTÁTICA A ACCESORIOS

El procedimiento para la prueba hidrostática a accesorios se realizo basados en el procedimiento descrito en la norma ASTM E 1003 y el posicionamiento y sello de los accesorios a probar se realizo según se había estimado de manera virtual gracias a la animación en Solid edge del conjunto ensamblado del banco de pruebas. De esta actividad se tomo información para redactar y presentar las metodologías para pruebas presentadas en el capítulo 8 de este libro denominado manual de operaciones y mantenimiento.

Las pruebas a accesorios estuvieron limitadas a los accesorios disponibles o en proceso de fabricación encontrados en la fábrica, sin embargo se pudo verificar el procedimiento de montaje en el equipo para cada geometría de accesorios considerados en el proyecto.

A continuación se presentan los registros fotográficos de las pruebas realizadas al equipo con las diferentes geometrías de los accesorios. En la figura 107 se presenta el montaje realizado para un accesorio tipo reducción de 6" por 4" de diámetro nominal y en la figura 105 se presenta el registro de las presiones de trabajo de los sistemas hidráulicos y oleohidráulicos.

Figura 107. Prueba a accesorio tipo Reducción 6" X 4".



Figura 108. Presiones de trabajo de los sistemas hidráulicos y oleohidráulicos para la prueba de accesorio tipo reducción de 6" X 4"



a) Presion de prueba hidraulica del accesorio tipo reduccion



b) Presion de prueba entregada por la bomba hidraulica.



c) Presion del sistema oleohidraulico para el sellado del accesorio tipo reduccion.

En la figura 109 se puede ver el montaje y la prueba realizado para un accesorio tipo codo a 90 grados de 4", y en la Figura 110 se presenta el registro fotográfico de la presión hidrostática dentro del accesorio, en esta figura se puede apreciar también la lectura del manómetro del lado izquierdo

que muestra la presión de trabajo requerida para lograr sello por parte del actuador oleohidráulico con el accesorio.

Figura 109. Prueba accesorio tipo codo a 90 grados de 4"



Figura 110. Presión de trabajo en el sistema hidráulico y del sistema oleohidráulico para la prueba de un accesorio tipo codo a 90 grados de 4\".



En la figura 111 se puede ver el montaje y la prueba realizado para un accesorio tipo cruz de 8" X 6", y en la Figura 112 se presenta el registro

fotográfico de la presión hidrostática dentro del accesorio, en esta figura se puede apreciar también la lectura del manómetro del lado izquierdo que muestra la presión de trabajo requerida para lograr sello por parte del actuador oleohidráulico con el accesorio.

Figura 111. Prueba accesorio tipo cruz de 8" X 6".



Figura 112. Presión de trabajo en el sistema hidráulico y del sistema oleohidráulico para la prueba de un accesorio tipo cruz de 8" X 6".



6.3 OPCIONES DE MEJORA

Por ser este un equipo diseñado y desarrollado para las necesidades particulares de la producción de una empresa y por tener como mayor limitante al recurso económico son muchas las opciones de mejora que pueden citarse para el equipo, las más significativas y que pudieron apreciarse en las pruebas realizadas se citan a continuación.

-Se recomienda modificar las conexiones eléctricas a toma y clavija tipo VCP citada en el RETIE como norma para instalaciones de equipos industriales y adicionar sellos que impidan la entrada de humedad las borneras de los motores y a la caja del sistema eléctrico.

-Se recomienda adicionar un supervisor de fases al sistema eléctrico en consideración al anormal flujo eléctrico que presenta la planta de producción.

-Se recomienda agregar una válvula reguladora de caudal en la línea del lado pistón del cilindro hidráulico A para facilitar el montaje de un accesorio tipo cruz.

-Se recomienda aumentar el diámetro de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " de las mangueras de toma de lectura de presión y de venteo de emergencia del sistema hidráulico que van al tablero de control para disminuir las pérdidas de presión por fricción y mejorar la sensibilidad de la lectura y el venteo de la presión.

-Se recomienda independizar la línea de desagüe que va al tanque después de cada prueba para mejorar el tiempo de vaciado del agua al término de la prueba.

7. PRESUPUESTO

El banco de pruebas hidrostático ha sido fabricado con materiales obtenidos inicialmente en el almacén de la planta de producción y con accesorios comprados en el mercado local y nacional. Cada elemento ha sido contabilizado para analizar la viabilidad económica del proyecto. También se han contabilizado costo de fabricación por mano de obra y por servicios externos de taller. El costo parcial de cada sistema se presenta en el cuadro 10 y el costo total del equipo en el cuadro 11. Muchos de los materiales fueron valorados a un valor cercano al comercial teniendo en cuenta que fueron materiales reciclados y que los servicios de mecanizado se hicieron bajo asesoría profesional del SENA.

Cuadro 8. Costo detallado para cada sistema

SISTEMA ESTRUCTURAL				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Canal U 3" x 4.1 lbpulg	Acero A36	26	metro	397500
Lamina alfajor	Acero HR	1.5	metro cuadrado	38000
Chumaceras	Hierro gris	19.46	Kilogramo	66000
Servicio de mecanizado (torno, taladro y roscado manual)	NA	2	NA	45000
Tubo 2.5" sch 40	Acero al carbono	1.2	metro	7200
Tubería de perforación 3" Sch80	Acero al carbono	12	metro	300000

SISTEMA DE SUJECIÓN MECÁNICO				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Servicio de rolado		2	unidad	70000
Platina 2 x 0.5"	Acero A36	1	metro	11550
Servicio de rolado		1	unidad	8000
Angulo 2" x 3/16"	Acero A 36	4	metro	36300
Servicio de rolado		1	unidad	15000
Eje Sae 1020 1"	Acero Sae 1020	2.5	metro	70000
Brida slip-on 2.5"	Inox	2	unidad	40000
Platina 2 x 0.5"	Acero A36	8.1	metro	96000
Lamina HR 1.35 x 1.052	Acero HR	1.42	metro cuadrado	210000
soldadura E7018	Acero de aporte	5	Kilogramo	22500
Tornillería				6500
			Total	1.439.550

SISTEMA DE SUJECIÓN MECÁNICO				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Tornillo de potencia	Acero SAE 1045	1.2	METRO	108000
Servicio de mecanizado (Torno y roscado)	NA	NA	NA	250000
Tuerca de potencia	Hierro gris	2	unidad	34000
Servicio de mecanizado (Torno y roscado)	NA	NA	NA	150000
abrazaderas portaactuadores	Hierro gris	272	kilogramo	924800
Servicio de mecanizado (Torno, perforado y roscado manual)	NA	NA	NA	320000
Esparrago 5/8"	varilla roscada B7	2	METRO	40000

SISTEMA DE SUJECIÓN MECÁNICO				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Eje SAE 1045 1.5"	Acero SAE 1045	0.8	METRO	54000
Eje SAE 1020 0.5"	Acero SAE 1020	2	METRO	15000
duraflex 1"	duraflex blanco 1"	0.5	METRO	20000
Servicio de mecanizado y roscado 16 manijas	NA	NA	NA	150000
Tapones alimentadores	Hierro gris	70	kilogramo	238000
Tapones ciegos	Hierro gris	60	kilogramo	204000
Servicio de mecanizado de tapones (Torno y roscado)	NA	NA	NA	200000
empaquetadura para sello	Neolite y caucho llanta	24	unidad	60000
sistema de posicionamiento manual	NA	NA	NA	60000
Tornillería	NA	NA	NA	12000
			Total	2.839.800
SISTEMA HIDRÁULICO				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Bomba de pistones	NA	1	unidad	220000
Motor eléctrico 3 HP	NA	1	unidad	560000
Mangueras y racores 300PSI x 1/4"	Serie 7093 Parker	NA	NA	60000
Mangueras y racores 300PSI x 1/2"	Serie 7093 Parker	NA	NA	120000
Niples y tubería	NA	NA	NA	65500
Acoples rápidos 1/2" 3000psi	NA	2	unidad	124000

SISTEMA DE SUJECIÓN MECÁNICO				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
válvulas de bola x 1/2"	Acero Inox	4	unidad	6000
válvulas de globo x 3/4	Hierro Gris	1	unidad	7500
Filtro en Y de canasta de bronce x 3/4"	Bronce	2	unidad	24000
Tanque de agua (material y fabricación)	Lamina Acero Inox cal 14	1	unidad	280000
manómetros 0-500psi 4"	NA	2	unidad	90000
			Total	1.557.000
SISTEMA OLEOHIDRÁULICO				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Aceite Oleohidráulico ISO 46	NA	30	galones	576550
Acople motor-bomba	NA	1	unidad	15000
Adaptador macho galvanizado 1"	NA	1	unidad	1300
Bomba de paletas Vickers V10	NA	1	unidad	856000
Codo 90° 1" galvanizado	NA	3	unidad	5600
Codo 90° 3/4" galvanizado	NA	1	unidad	1250
Codo 90° 3/8" sch 80	NA	3	unidad	18300
Filtro Retorno parker	NA	1	unidad	85000
Filtro succión	NA	1	unidad	46000
Manómetro conexión horizontal 5000 psi	NA	3	unidad	180000
Motor EBERLE trifásico 10 Hp	NA	1	unidad	1000000

SISTEMA OLEOHIDRÁULICO				
ITEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Niple macho de ½" x 15 sch 80	NA	2	unidad	8400
Niple de ¾" x 30 cm galvanizado	NA	2	unidad	7200
Niple de 1" x 30 cm galvanizado	NA	1	unidad	10200
Tapa de filtro llenado	NA	1	unidad	22800
Tapón Hembra cuadrante 1" galvanizado	NA	1	unidad	1200
Tapones macho ½" sch 80	NA	2	unidad	6000
Tee ½" sch 80	NA	7	unidad	51000
Tee ¾" galvanizada	NA	1	unidad	1550
Teflón	NA	10	unidad	30000
Válvula antirretorno Jenwell ½" 3000 psi	NA	2	unidad	144000
Válvula direccional Contarini BM 50 ½"	NA	1	unidad	468000
Válvula limitadora de presión contarini VMP ½"	NA	3	unidad	384000
Indicador de nivel y temperatura	NA	1	unidad	58000
Tanque de aceite sin accesorios	NA	1	unidad	150000
mangueras y racores R2 1/2"	NA	NA	NA	68600
mangueras y racores R2 3/8"	NA	NA	NA	420175
Mangueras de succión y descarga	NA	NA	NA	127100
actuadores hidráulicos remanufacturados	NA	2	unidad	500000
			Total	5.243.225

SISTEMA ELÉCTRICO				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Cable trifilar 3x10	NA	6	Metros	39000
Cable trifilar 3x12	NA	6	Metros	25200
Cable eléctrico No 16	NA	15	Metros	22500
Cable eléctrico No 6	NA	40	Metros	1554440
Caja sistema eléctrico	NA	1	15 cm x 25 cm	22000
Caja eléctrica 3x50	NA	1	unidad	19500
Clavijas trifilar 50A 250 V	NA	2	unidad	17000
Contactador 10 A	NA	1	unidad	30000
Contactador 50 A	NA	1	unidad	70000
Espiral cable eléctrico	NA	10	Metros	12000
Pulsadores Dobles NC+NA+Lámpara	NA	2	unidad	36000
Pulsadores Z de parada de emergencia	NA	2	unidad	32000
Rele térmico	NA	1	unidad	45000
Rele térmico	NA	1	unidad	25000
Toma trifilar de incrustar 50 A 250 V	NA	1	unidad	8300
Tomatrifilar 50A 250V	NA	1	unidad	10000
Varilla cooper	NA	2	unidad	20000
			Total	1.987.940
PANEL TABLERO DE CONTROL				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Lamina Alfajor 1/8 Incluidos servicios de corte y doblez	Acero HR	3.28	Metro cuadrado	160000
Lamina Cal 14 Cr Incluidos servicios de corte y doblez	Lamina CR Cal 14	5.76	Metro cuadrado	90000
Canal U 3" x 4.1 lbpulg	Acero A36	7	metro	105000

SISTEMA ELÉCTRICO				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Malla expandida Cal 30	acero	1.5	Metro cuadrado	25000
Angulo 1 x 1 1/4"	Acero A36		metro	30000
Ruedas fijas 4" 100kg	NA	2	unidad	27000
Ruedas giratorias 4" 100kg con freno	NA	2	unidad	35000
			Total	472.000
VARIOS				
ÍTEM	MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR TOTAL
Mano de obra de ensamble supervisión y puesta a punto 3 Semanas	NA	NA	NA	3500000
Pintura y acabados	NA	NA	NA	120000
			TOTAL	3.620.000

Cuadro 9. Costo total de cada sistema y de proyecto

SISTEMAS	COSTO UNITARIO
SISTEMA ESTRUCTURAL	1.439.550
SISTEMA DE SUJECIÓN MECÁNICO	2.839.800
SISTEMA HIDRÁULICO	1.557.000
SISTEMA OLEOHIDRÁULICO	5.243.225
SISTEMA ELÉCTRICO	1.987.940
PANEL TABLERO DE CONTROL	472.000
VARIOS	3.620.000

Total 17.159.515

8. INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El documento completo con el que se ha entregado el equipo, un instructivo de operación y mantenimiento Banco de pruebas hidrostático 2-12 150-250. Se presenta en el anexo H para mantener la originalidad del documento entregado a la fábrica.

El desarrollo de este documento se hizo a partir de las pruebas realizadas al equipo y su puesta a punto, en este se describen aspectos como detalles de mantenimiento y procedimientos de montajes para las pruebas hidrostáticas.

La edición del texto se hizo con elementos como contenido lista de figuras y lista de cuadros pensando en facilitar la comprensión por parte del operario.

9. CONCLUSIONES

Se ha contribuido de manera notable a las relaciones Universidad-Industria y se ha cumplido con los objetivos de la universidad al brindar apoyo técnico a las empresas del sector productivo de Santander y Colombia.

Finalizado el proceso de diseño y fabricación se concluye que el equipo cumple con los objetivos inicialmente propuestos y que puede llegar a realizar verificación de hermeticidad a otros elementos de tubería no considerados inicialmente, pero si fabricados por la empresa, siempre y cuando se analice y realice un protocolo de seguridad para estas nuevas pruebas, con esto se concluye que el equipo ha superado las expectativas en cuanto a versatilidad para montajes y pruebas se refiere.

Se hizo un estudio e investigación detallada sobre el proceso de producción para accesorios de tubería de hierro gris para ubicar la prueba hidrostática en el momento más apropiado de la línea de producción para que esta no causara demoras o reproceso en la producción.

Con el desarrollo y puesta a punto de este equipo se logro contribuir de manera muy significativa a la evolución y desarrollo de la empresa Industrial de Accesorios LTDA ya que es esta herramienta la que le brinda la capacidad de ofrecer productos 100% confiables y además la pone por encima de la competencia.

Se logra por medio del manual instructivo de operación y mantenimiento de operación una fácil capacitación y entendimiento por parte de los operarios de las capacidades y versatilidad del equipo, También se logra la identificación de elementos críticos del equipo para su constante revisión y chequeo para mantener el banco de pruebas siempre operativo.

El diseño y en especial la fabricación de equipos y maquinaria son desarrollos que entregan un importante elemento formativo para la vida profesional de cualquier ingeniero ya que aquí se reconoce el desarrollo y evolución real de un proyecto y también se vive como se relacionan todas las ramas de ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. Norma del método de prueba para la comprobación de fugas hidrostáticas. Designación E 1003-95. ASTM 2000.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. Standard Hydrostatic Test. Section VIII - Division 1 Ug 99 ASME 2001. Segunda actualización. Santa Fe de Bogota D.C, Icontec 1999. 49p. NTC 2587.

HIBBELER. R.C. Mecánica de materiales. Tercera Edición. México: Prentice hall, 1998. 854p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Compendio Tesis y otros trabajos de grado. Normas colombianas para la presentación de trabajos de grado. Quinta actualización. Santa Fe de Bogota D.C, Icontec 2005. 115p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Accesorios para tubería de agua en hierro dúctil y hierro gris de 76 mm a 1219 mm (3" a 48"). Primera actualización. Santa Fe de Bogota D.C, Icontec 2003. 68p. NTC 2346.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Fundición de hierro gris. Clasificación. Primera actualización. Santa Fe de Bogotá D.C, Icontec 2001. 18p. NTC 1370.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Tubos, acoples y accesorios de hierro dúctil y sus juntas para aplicaciones en gas o agua.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Fundición de hierro gris. Clasificación. Primera actualización. Santa Fe de Bogotá D.C, Icontec 2001. 18p. NTC 1370.

SERRANO, Antonio. Oleohidráulica. Madrid, España: Mc Graw Hill, 2002.

MONDELO, Pedro R. GREGORI TORADA, Enrique. BARRAU BOMBARDÓ, Pedro. Ergonomía 1. Tercera Edición. Barcelona España: Ediciones UPC Alfaomega, 2000.

MONDELO, Pedro R. GREGORI TORADA, Enrique. BARRAU BOMBARDÓ, Pedro. Ergonomía 3. Segunda Edición. Barcelona España: Ediciones UPC Alfaomega, 2001.

MONTMOLLIN, Maurice De. Introducción a la ergonomía. Los Sistemas Hombre maquina. Editorial Limusa, 1988.

VASQUES, Leonidas. Diseño de maquinas I. Universidad Industrial de Santander, 2005.

ANEXOS

**ANEXO A. NORMA ASTM DESIGNATION E 1003-95 REAPROVED 2000.
STANDARD TEST METHOD FOR HIDROSTATIC LEAK TESTING.**

1. Versión en español de la norma ASTM E 1003-95 Reaprobada 2000

**NORMA DEL MÉTODO DE PRUEBA PARA LA COMPROBACIÓN DE
FUGAS HIDROSTÁTICAS ASTM E1003-95 REAPROBADA 2000**

La siguiente es una traducción al español realizada por los autores del proyecto y revisada por el ingeniero Nestor D´croz en calidad de director de proyecto de grado. El documento original se adiciona al final de este anexo y fue tomado de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander

ASTM Designación: E 1003 - 95 (Reaprobada 2000)

**NORMA DEL MÉTODO DE PRUEBA PARA LA COMPROBACIÓN DE
FUGAS HIDROSTÁTICAS**

1. ALCANCE.

Este método de prueba cubre la comprobación de componentes para fugas por presurización dentro de ellos con un líquido.

Este método de prueba puede ser utilizado en tubería, válvulas, y contenedores con soldaduras o secciones rellenas que pueden ser selladas en su totalidad y que son diseñadas para presión interna.

Los procedimientos básicos son descritos basados en el tipo de inspección usada. Estos procedimientos deben limitarse a buscar fugas indicadas de $4.5 \cdot 10^{-9}$ mol/s ($1 \cdot 10^{-4}$ std cm³/s)² o mayores.

Los valores declarados en unidades SI serán declarados como los estándares.

Esta norma no pretende dirigir lo concerniente a la seguridad en cualquier caso asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer la apropiada seguridad y practicas saludables y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulares previas a su uso.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Normas ASTM:

E 1316 Terminología para exámenes no destructivos.

2.2. Otros documentos:

SNT-TC-1A Practica recomendada para la calificación de personal y certificación en las pruebas no destructivas.

ANSI/ASNT CP-189 ASNT Norma para la calificación y certificación del personal de pruebas no destructivas.

3. TERMINOLOGÍA

Definiciones - Para definiciones de términos usados en esta norma, ver Terminología F 1316 Sección F.

4. RESUMEN DEL MÉTODO DE LA PRUEBA.

La prueba hidrostática requiere que un componente sea completamente lleno con un líquido como por ejemplo agua. La presión es lentamente aplicada al líquido hasta que la presión requerida es alcanzada. Esta presión es sostenida por el tiempo requerido, en tal punto el componente es inspeccionado visualmente para localizar fugas o la presión en el calibrador es registrada para determinar la fuga total del componente.

Los dos procedimientos básicos son descritos de acuerdo con métodos para mejorar su sensibilidad.

Indicación de la caída de presión- Este procedimiento es usado principalmente para la medida total del sistema de fuga.

Inspección visual para fugas- Este procedimiento es principalmente intencional para localizar fugas.

La preprueba ultrasónica para fugas por ranuras es descrita.

5. CALIFICACIÓN DEL PERSONAL.

Se recomienda que el personal que lleva a cabo las pruebas de fugas asista a un curso de entrenamiento especializado en la materia y apruebe un examen escrito. El curso de entrenamiento debe ser adecuado por NDT nivel II y la calificación debe ser conforme a la recomendada por la práctica No SNT-TC-1A de la Sociedad Americana para Pruebas no Destructivas o ANSI/ASNT CP-189.

6. USO Y SIGNIFICADO.

Este método de prueba es conveniente para las pruebas del control de calidad y sistemas de fugas de sistemas de tubos, tuberías, válvulas y contenedores que se esperan contengan líquidos. Esta no es lo bastante sensible para probar fugas cuando gases explosivos o tóxicos se espere que vayan a estar contenidos bajo presión.

7. INTERFERENCIAS.

El interior y exterior de soldaduras y juntas donde las fugas son frecuentemente encontradas deben estar libres de aceite grasa, flujo, escoria, u otros contaminantes que pueden bloquear temporalmente o disfrazar la fuga. Los sistemas nuevos deben ser probados antes de la pintura.

La prueba hidrostática no debe ser realizada antes de una prueba de fugas empleando aire o un gas patrón. El líquido de prueba puede causar obstáculos en las pequeñas fugas causando después una prueba que puede ser inexacta.

El líquido de prueba puede estar igual o por encima de la temperatura atmosférica o con gotitas que se formen sobre su superficie. La mínima temperatura del líquido debe ser de 16C.

Si el recipiente para ser probado tiene partes hechas de acero limpio, níquel o aleaciones de cromo, el líquido o ningún aditivo usado puede tener un sulfuro y contenidos de halógeno de menos de 50 ppm de cada uno. Si el agua es usada como fluido de prueba esta debe ser *deionized*.

Para evitar fracturas quebradizas, la presión de la prueba no debe aplicarse hasta que el metal y el fluido de la prueba este aproximadamente a la misma temperatura, el metal debe estar a un mínimo de 16C antes de la aplicación de la presión.

Si un líquido de prueba distinto al agua es empleado, el punto de encendido debe ser 93C o superior.

Si son usadas partes plásticas en las pruebas del recipiente, el fluido no debe promover las grietas por fatiga o el ablandamiento en el plástico.

Cuando se prueba un recipiente con componentes de acero al carbón, debe usarse un inhibidor de oxido.

8. APARATO

Medidor de presión- El medidor debe ser capaz de resistir presiones de prueba normales y ser bastante preciso para registrar pequeñas caídas de presión. El medidor debe ser calibrado después de cada prueba. El medidor debe tener una precisión dentro del 1% de su escala total. El medidor debe

leerse por lo menos de 1.5x pero no más de 4x la máxima presión de prueba a ser usada. (Ver terminología E 1316 para la descripción de términos).

Válvula de alivio de presión

Alarma de presión.

Válvula de parada de presión de emergencia.

Trapped air vent. Orificio de la trampa de aire

Bomba de presión.

Líquido de prueba.

Mangueras de presión y montajes.

Cámara de protección para las pruebas de alta presión.

9. PROCEDIMIENTO GENERAL

Apertura

9.1.1. Selle todas las entradas usando tapones o cubiertas que puedan resistir las pruebas de presión y puedan ser completamente removibles después de la prueba.

9.1.2. La entrada del fluido de la prueba debe ser localizada sobre el fondo del objeto a probar con el orificio de la trampa de aire en el punto más alto.

9.1.3. Los componentes valorados con presiones bajo la presión de prueba deben ser separados.

9.2. Medidores.

Uno o más medidores de presión tienen que ser conectados al sistema. Si más de un medidor es usado, uno puede ser la medida registrada. Por lo menos un medidor el cual sea usado para la aceptación de la prueba debe ser calibrado dentro de 30 días antes de uso. Un indicador de presión debe ser

fácilmente visible por el operador que controla la presión durante la presurización y el ciclo de prueba.

9.3. Inspección antes de la prueba.

9.3.1. Antes de empezar la presurización, se inspecciona la superficie del objeto a probar, para verificar que está seco y que todas las soldaduras y conexiones están expuestas con tal de una inspección visual que se esté conduciendo.

9.3.2. Asegurar firmemente las partes que no pueden resistir su peso.

9.4. Presurización.

Incremente gradualmente la presión en el sistema hasta un 50% de la presión de prueba y haga un chequeo inicial de las fugas. La presión usualmente está entre 75% y 150% de la presión diseñada de operación.

9.5. Prueba de fugas.

9.5.1. En la realización de la prueba de presión durante el tiempo de la prueba, se examina el sistema por fugas. La exanimación por fugas debe hacerse de todas las juntas accesibles y conexiones. Donde haya conexiones soldadas, y donde haya agujeros lagrimeantes rellenos y uniones. También inspeccionar las áreas alrededor de los sitios de fugas inaccesibles.

9.5.2. El inspector debe marcar con un círculo todos los agujeros accesibles encontrados en el equipo usando un marcador no borrable. La magnitud de la fuga debe ser descrita en términos de: húmeda o área mojada, gotas por minuto o chorro sostenido.

9.6. Despresurización.

Después de la inspección liberar la presión lentamente. Tener abierto durante el drenaje el desahogo de aire para admitir aire y prevenir el colapso del sistema de la prueba.

10. MÉTODO DE CAÍDA DE PRESIÓN

10.1. Presurizar el sistema en concordancia a la sección 8.

10.2. Después de alcanzar toda la presión revisar el sistema para estar seguro que todo el aire atrapado ha sido removido.

10.3. Desconectar la bomba de presión y permitir que la presión en el sistema se estabilice por un periodo de 10 minutos o el 5% del tiempo de la prueba que es mayor.

10.4. Después de la estabilización grabar la presión exacta y monitorearla durante un periodo de prueba.

10.5. Sensibilidad.

10.5.1. La sensibilidad para este tipo de prueba usando agua como fluido de prueba es normalmente $4.5 \cdot 10^{-7}$ mol/s ($1 \cdot 10^{-2}$ std cm³/s)².

10.5.2. Al prolongarse el periodo de prueba los resultados a menudo pueden ser mejorados a $4.5 \cdot 10^8$ mol/s ($1 \cdot 10^{-3}$ Std cm³/s)².

10.5.3. El incremento de la sensibilidad por $4.5 \cdot 10^{-8}$ mol/s ($1 \cdot 10^{-3}$ Std cm³/s)² puede ser alcanzado cuando la resistencia del fluido para fluir es disminuida por usos de aditivos al agua y una alternativa de fluidos de prueba tales como un penetrante.

11. MÉTODO DE INSPECCIÓN VISUAL

11.1. Presurice el sistema de acuerdo con el procedimiento de la sección 8.

11.2. Después de alcanzada la presión de prueba inspeccione las superficies externas por fugas.

11.2.1. La presión de prueba debe ser sostenida por un mínimo de 6min/cm (1.5 min/pulg) de espesor de pared. Como mínimo la presión de prueba debe sostenerse por 10 minutos y el tiempo máximo debe estar limitado a 2 horas.

11.2.2. Si el sistema no es propuesto para operar bajo presión constante pulsar la presión en el sistema una o más veces después inspeccionar cada ciclo completo de presión por goteos al 50% de la presión final de la prueba y llevarlo hasta la presión de prueba.

11.2.3. Si la superficie externa del sistema está cubierta por material aislante que no es removido, incremente el tiempo de prueba por un factor de 10 hasta un máximo de 4 horas.

11.3. Sensibilidad.

11.3.1. La sensibilidad normal para inspección visual usando deionizadores o agua destilada como fluido de prueba es $4.5 \cdot 10^{-7} \text{ mol/s}$ ($1 \cdot 10^{-2} \text{ Std cm}^3/\text{s}$)².

11.3.2. La sensibilidad puede mejorarse a $4.5 \cdot 10^{-8} \text{ mol/s}$ ($1 \cdot 10^{-3} \text{ Std cm}^3/\text{s}$)² Por usar productos para realzar la visibilidad de las fugas como sigue:

11.3.2.1. Agua reveladora aplicada a la superficie con cambios de color en contacto con humedad.

11.3.2.2. Tinte trazador adicionado al agua de test.

11.3.2.3. Tinte trazador fluorescente adicionado al agua de prueba.

11.3.3. La sensibilidad puede ser mejorada a $4.5 \cdot 10^{-8} \text{ mol/s}$ ($1 \cdot 10^{-5} \text{ Std cm}^3/\text{s}$)² para amenazar la resistencia al flujo de liquido de prueba en la superficie entre el fluido y la fuga por usar un aditivo en el agua y un liquido de prueba alternativo tal como un penetrante.

2. Versión original en ingles de la norma ASTM E 1003-95 Reaprobada 2000

**NORMA ASTM DESIGNATION E 1003-95 REAPROVED 2000.
STANDARD TEST METHOD FOR HIDROSTATIC LEAK TESTING.**



Standard Test Method for Hydrostatic Leak Testing¹

This standard is issued under the fixed designation E 1003; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the testing of components for leaks by pressurizing them inside with a liquid.

1.2 This test method can be used on piping, valves, and containers with welded or fitted sections which can be sealed at their ends and which are designed for internal pressure.

1.3 Basic procedures are described based on the type of inspection used. These procedures should be limited to finding leakage indications of 4.5×10^{-9} mol/s (1×10^{-4} Std cm³/s)² or larger.

1.4 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.5 *This standard does not purport to address the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

E 1316 Terminology for Nondestructive Examinations³

2.2 Other Documents:

SNT-TC-1A Recommended Practice for Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing⁴

ANSI/ASNT CP-189 ASNT Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel⁵

3. Terminology

3.1 **Definitions**—For definitions of terms used in this standard, see Terminology E 1316 Section F.

4. Summary of Test Method

4.1 Hydrostatic testing requires that a component be completely filled with a liquid, such as water. Pressure is slowly applied to the liquid until the required pressure is reached. This pressure is held for the required time at which point the

component is inspected visually to locate leaks or the pressure on the gage is recorded to determine the components total leakage.

4.2 The two basic procedures are described together with methods for improving their sensitivity.

4.2.1 **Pressure Drop Indication**—This procedure is used primarily to measure total system leakage.

4.2.2 **Visual Inspection for Leakage**— This procedure is intended primarily to locate leaks.

4.3 Ultrasonic pretesting for gross leaks is described.

5. Personnel Qualification

5.1 It is recommended that personnel performing leak testing attend a dedicated training course on the subject and pass a written examination. The training course should be appropriate for NDT level II qualification according to Recommended Practice No. SNT-TC-1A of the American Society for Nondestructive Testing or ANSI/ASNT Standard CP-189.

6. Significance and Use

6.1 This test method is useful for quality control testing and field inspection of piping systems, pipelines, valves, and containers that are expected to retain liquids. It is not sensitive enough for leak testing when toxic or explosive gas is expected to be retained under pressure.

7. Interferences

7.1 The interior and exterior welds and joints where leaks are often found must be free of oil, grease, flux, slag, or other contaminants that might temporarily block or mask leakage. New systems should be tested prior to painting, where practical.

7.2 Hydrostatic testing should not be performed before a leak test using air or a tracer gas. The liquid test media may clog small leaks causing later tests to be inaccurate.

7.3 Test liquid must be equal or above atmosphere temperature or droplets will form on the outside. The minimum temperature of the liquid should be 16°C (61°F).

7.4 If the container to be tested has parts made of stainless steel, nickel, or chromium alloys, the liquid or any additives used must have a sulfur and halogen content of less than 50 ppm of each. If water is used as a test fluid it should be deionized.

7.5 To avoid brittle fracture, the test pressure must not be applied until the metal and the test fluid are approximately the

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee T-7 on Nondestructive Testing and is the direct responsibility of Subcommittee F07.08 on Leak Testing.

Current edition approved Sept. 10, 1995. Published November 1995. Originally published as E 1003 – 84. Last previous edition T 1003 – 94.

² The gas temperature is referenced to 0°C. To convert to another gas reference temperature, T_{ref} , multiply the leak rate by $(T_{ref}/273)^{2/3}$.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.03

⁴ Available from American Society for Nondestructive Testing, 1711 Arlington Plaza, P.O. Box 28518, Columbus, OH 43228-0518.

same temperature. The metal should be a minimum of 16°C (61°F) prior to the application of pressure.

7.6 If a test liquid other than water is used, the liquid's flash point should be 93°C (200°F) or above.

7.7 If plastic parts are used in the test container, the fluid should not promote stress cracking or softening on the plastic.

7.8 When the test container has carbon steel components, a rust inhibitor should be used.

8. Apparatus

8.1 *Pressure Gage*—The gage must be able to withstand normal test pressures and be accurate enough to record small pressure drops. Pressure gages should be calibrated before each test. The gage must be accurate to within 1 % of full scale. The gage must read at least $1.5 \times$ but not more than $4 \times$ the maximum test pressure to be used. (See Terminology E 1316 for a description of terms.)

8.2 *Pressure Relief Valve.*

8.3 *Pressure Alarm.*

8.4 *Emergency Pressure Shut-Off Valve.*

8.5 *Trapped Air Vent.*

8.6 *Pressure Pump.*

8.7 *Liquid Test Media.*

8.8 *Pressure Hoses and Fittings.*

8.9 *Protection Chamber for High-Pressure Tests.*

9. General Procedures

9.1 Openings:

9.1.1 Seal all openings using plugs or covers that can withstand the test pressure and can be completely removed after the test.

9.1.2 The test fluid inlet should be located on the bottom of the test object with the trapped air vent at the highest point.

9.1.3 Components rated at pressures below the test pressure must be isolated.

9.2 *Gages* One or more test gages must be connected to the system. If more than one gage is used, one may be a recording gage. At least one gage which is used for acceptance of the test shall be calibrated within 30 days prior to use. One indicating gage must be easily visible to the operator controlling the pressure throughout the pressurizing and testing cycle.

9.3 Pre-Test Inspection:

9.3.1 Before pressurizing is begun, inspect the outside of the test object to verify that it is dry and all welds and connectors are exposed if a visual inspection is to be conducted.

9.3.2 Securely brace critical areas that may not be able to withstand the weight.

9.4 *Pressurizing* Gradually increase the pressure in the system to 50 % of test pressure and make an initial check for leakage. Thereafter slowly increase the pressure to the final test pressure. The test pressure usually is between 75 % and 150 % of the operating design pressure.

9.5 Leak Test:

9.5.1 At the completion of test pressure holding time, examine the system for leakage. Examination for leakage shall be made of all accessible joints and connections, attachment welds where practical, and weep holes for paddings and attachments. Also inspect the area around inaccessible leakage sites.

9.5.2 The inspector shall circle all accessible leaks found on the equipment using a nondeleterious marker. The magnitude of leak shall be described in terms of: damp or moist area, drops per minute or steady stream.

9.6 *Depressurizing*—After inspection release the pressure slowly. The air vents need to be opened during draining to admit air and prevent collapsing of the test system.

10. Pressure Drop Method

10.1 Pressurize the system in accordance with Section 8.

10.2 After reaching full pressure check the system to make sure all trapped air has been removed.

10.3 Disconnect the pressure pump and allow the pressure in the system to stabilize for a period of 10 min or 5 % of the test time whichever is longer.

10.4 After stabilization, record the exact pressure and monitor during the test period.

10.5 Sensitivity:

10.5.1 Sensitivity for this type of test using water as the test fluid is normally 4.5×10^{-7} mol/s (1×10^{-2} Std cm³/s)².

10.5.2 By lengthening the test period, results can often be improved to 4.5×10^{-8} mol/s (1×10^{-3} Std cm³/s)².

10.5.3 Sensitivity increases to 4.5×10^{-8} mol/s (1×10^{-3} Std cm³/s)² can be achieved when the test fluid's resistance to flow is decreased by use of a water additive and an alternative test fluid, such as a penetrant.

11. Visual Inspection Method

11.1 Pressurize the system in accordance with the procedures in Section 8.

11.2 After reaching test pressure, inspect the outside surfaces for leakage.

11.2.1 Test pressure should be held for a minimum of 6 min/cm (1.5 min/in.) of wall thickness. As a minimum the test pressure should be held for 10 min and the maximum time should be limited to 2 h.

11.2.2 If the system is not intended to operate under steady pressure, pulse the pressure in the system one or more times after each complete inspection cycle by dropping the pressure to 50 % of final test pressure and bringing it back to test pressure.

11.2.3 If the outside of the system is covered by insulation which is not removed, increase the test time by a factor of 10, to a maximum of 4 h.

11.3 Sensitivity:

11.3.1 Normal sensitivity for visual inspection using deionized or distilled water as the test fluid is 4.5×10^{-7} mol/s (1×10^{-2} Std cm³/s)².

11.3.2 Sensitivity can be improved to 4.5×10^{-8} mol/s (1×10^{-3} Std cm³/s)² by using products to enhance leakage visibility as follows:

11.3.2.1 Water developer applied to outside which changes color in contact with moisture.

11.3.2.2 Visible dye tracer added to the test water.

11.3.2.3 Fluorescent dye tracer added to the test water.

11.3.3 Sensitivity can be improved to 4.5×10^{-8} mol/s (1×10^{-3} Std cm³/s)² by lowering the resistance to test liquid flow at the interface between the fluid and the leak by using a water additive and an alternate test fluid, such as a penetrant.

11.3.4 By combining a visibility enhancer and low resistance to flow, sensitivity of the test can be improved to 4.5×10^{-7} mol/s (1×10^{-6} Std cm³/s)².

12. Pretest to Locate Gross Leaks

12.1 This test can be applied to the system prior to hydrostatic testing to locate leaks larger than 4.5×10^{-7} mol/s (1×10^{-6} Std cm³/s)² and as a precautionary procedure to save time.

12.2 Ultrasonic Test:

12.2.1 Use air, nitrogen, or other nonflammable gas as a test medium.

12.2.2 Pressurize the system with the gas gradually to 50 % of design pressure. A minimum pressure is 170 kPa (25 psi) for this test.

12.2.3 Inspect all joints and connections and welds with an acoustic leak detector capable of hearing airborne audio frequencies in the range of 45 000 Hz.

13. Report

13.1 The following information should be recorded at the time of the measurements and included in the report:

13.1.1 Date tested.

13.1.2 Test conditions (temperature, pressure, test time).

13.1.3 Leak locations.

13.1.4 Leakage rate.

13.1.5 Test fluid.

13.1.6 Signature of tester.

14. Precision and Bias

14.1 This procedure is believed to represent the best available method. No round-robin tests have been made to determine the precision and reliability of this method. The bias of the test is dependent on the operational procedure used and the training and qualification of the operators. No statement is made about the precision or bias of the procedure since the result merely states whether there is conformance to the criteria for success specified in the test method.

15. Keywords

15.1 hydrostatic leak testing; leak testing; pressure leak testing

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19426-2050, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9555 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO B. CARTA DE ACEPTACIÓN DEL EQUIPO BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICO POR PARTE DE LA EMPRESA INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LIMITADA. IDEA LTDA.



**INDUSTRIAL DE
ACCESORIOS LTDA.**

NIT. 804.009.385-8

Bucaramanga, Mayo 14 de 2008



Ingeniero
Rómulo Niño
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Universidad Industrial de Santander
Ciudad


Apreciado Ingeniero,

La empresa **Industria de Accesorios Ltda. IDEA Ltda**, da por culminado de manera exitosa y cumpliendo sus objetivos iniciales el diseño y construcción del equipo BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICO para la verificación de hermeticidad en accesorios para tubería en fundición de hierro gris que desarrollaron los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica **JAVIER ENRIQUE GARZÓN SAAVEDRA** y **NOHEMY GÓMEZ CASICOTE** en la modalidad de proyecto de grado para optar al título profesional.

El equipo se ha recibido en estado operativo y con un instructivo de operación y mantenimiento, además de una capacitación a los operarios por parte de los diseñadores y realizadores. La empresa asume todo el mantenimiento y correctivos que a partir de la fecha tenga por necesidad el equipo.

De esta forma hemos fomentado las buenas relaciones Industria - Universidad en búsqueda de óptimos beneficios y en pro de la formación a futuros ingenieros, y obteniendo beneficios para la empresa y la relación interinstitucional.

Cordialmente,


JAIRO PINZÓN RUIZ
Gerente



Calle 45 No. 16 - 35 PBX: 6522037 Fábrica: 6530605
idea_ltlda@telebucaramanga.net.co Bucaramanga - Colombia

	Reporte de Capacitación de Personal	
--	--	--

FECHA 12-V-08.
15-V-08.

TEMA Manejo y Mto banco de Pruebas Hidrostatic

HORA INICIAL 2:00PM HORA FINAL 4:30PM

RESPONSABLE (S) DE LA CAPACITACIÓN Javier Garzón

FIRMA Javier Garzón

OBJETIVO
 Dar Instrucción para el manejo y mto del equipo Banco de Pruebas Hidrostatico

NOMBRE	CARGO	FIRMA
Guillermo Laguarda	Aux Mantenimiento	Guillermo Laguarda
Mauricio Lopez	Aux Metrologia	Mauricio Lopez
Clemente Correa	Aux Produccion	Clemente Correa

OBSERVACIONES
 La Segunda Jornada de Capacitación se aplazo 3 veces.

ANEXO C. FICHAS TÉCNICAS DE ACCESORIOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO

1. Fichas técnicas de accesorios del sistema hidráulico.

A continuación se presenta la información suministrada por los proveedores de los diferentes elementos que constituyen el sistema hidráulico. Esta información fue el punto de partida para la selección de los accesorios.

1.1 Bomba de Pistones Modelo 22.28.30

**MODEL:22.28.30
POWER SPRAYER**

**MODEL:22.28.30
POWER SPRAYER**

PARTS LIST
Attachment Operating
Instruction and Trouble Removal



**MODEL:22.28.30
POWER SPRAYER**

**1.PRODUCTS ARE TOTALLY UNIFORMED IN SIZE
IN ACCORDANCE WITH SPECIFIC REQUIREMENT.**

**2.PROFESSIONAL TREATED MATERIALS FOR
LONGER DURABILITY, COMPACT DESIGN FOR
EASY CARRYING.**

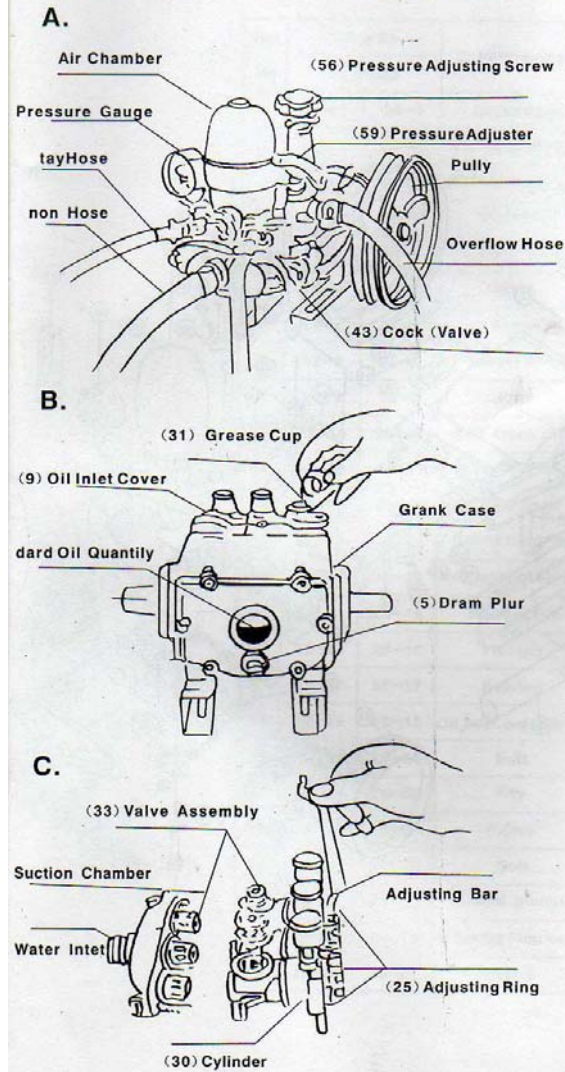
**3.VARIOUS DESIGNED ACCESSORIES (I.E. SPRAY
GUN, NOZZIE, JOINT.....), SUIT FOR DIFFERENT
PLANTS OR CLEANING JOBS.**

**4.COMPACT AND FASHION DESIGN: A COMPLETE
DESIGN. TO TAKE PLACE OF CYLINDER, SUCTION
METAL AND DISCHARGE METAL, TO PREVENT
LEAKING OF TRADITIONAL TYPE AND INCREASE
DURABILITY.**

**5.LONG LIFE LEAKLESS PUMP. MADE OF HIGH.
DURABILITY FCD45 CASTING DUCTILE.**

SPRAYING			IRRIGATION			
22	28	30	POWER SPRAYER	22	28	30
800	800	800	R.P.M	1200	1200	1200
14	28	30	SUCTION (L/min)	20	40	45
21~35	21~35	21~35	PRESSURE (kg/cm ²)	10	10	10
1.5~2.2	3	3~5	POWER (kw)	1.5~2.2	3	3~5

POWER SPRAYER OPERATION SPECIFICATION



A. Operation Instruction

1. Check every fastener and make sure that the sprayer and the motor are installed firmly on the frame.
2. Set the two pulleys in a straight line, and the belt in an appropriate tightness.
3. Every joint of the hoses must be tightened to prevent from leaking.
4. Before starting the motor, shut off the (43) Cock (Valve), loose the (56) pressure Adjusting Screw and pull the (59) Pressure Adjuster to the top.
5. Start the motor to power the sprayer, keep a proper revolution. Press the (59) pressure Adjuster to the bottom. Keep the pressure around 21 – 35 Kgs. by adjusting the (56) Pressure Adjusting Screw.
6. Open the (43) Cock (Valve) to start spraying.
7. After the spraying is over, pull the (59) Pressure Adjuster to the top and operate the sprayer with fresh water to clean out the remaining chemicals.

B. Pump Lubrication

1. Replace the engine oil after the sprayer has been used for the first 10 hours, 50 hours, and thence every 70 hours.
2. Drain away the dirty engine oil by screwing off the (5) Drain Plug.
3. After the (5) Drain plug is screwed on, remove the (9) oil Inlet Cover and refill # 30 – 40 fresh engine oil.
4. Keep the oil Level at 2/3 of the (4) oil Glass.
5. Always fill the (31) Grease Cups with grease. Screw on the Grease Cups 2 – 3 cycles every 2 hours of spraying.

C. Trouble Shooting

a Feeding Failure & Pressure Instability

1. Check whether the (54) Suction Hose is leaking or is stuck.
2. Open the (43) Cock (valve) to release the surplus air.
3. Remove the (39) Suction Chamber and the (41. 44AB) Water Outlet Chamber check if the (33) Valve Assembly are stuck or damaged.

b Pressure Insufficiency

1. Check whether the pressure has been adjusted properly. (refer to the operation instruction No. 5)
2. Check whether the belt is too loose.
3. Check whether the Spray Hose and the couplings are broken and damaged.

c Cylinder Leakage

1. Remove the (8) Dustproof Cover and wind up the (25) Adjusting Rings.
2. If still in vain replace the (28) V – packings in the (30) Cylinder.

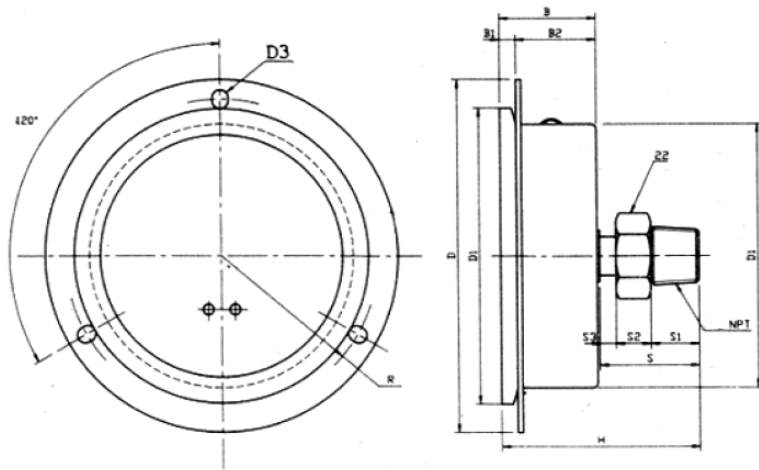
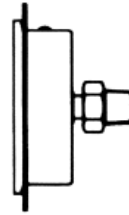
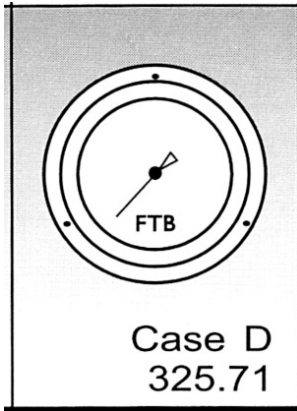
Remark: () indicates the "part number" of relative part.

1.2 Manómetros de lectura de presión

El manómetro seleccionado corresponde a un manómetro de lectura análoga tipo D 325.71 con caratula de 4" y rango de lectura de 0 a 600 PSI y de 0 a 42 Kg/cm² con una resolución de 20 PSI y 20 Kg/cm² y conexión de 1/4" con rosca NPT.



LIQUID FILLED PRESSURE GAUGES



Dimensions in (mm)

Model	D	D1	D2	D3	B	B1	B2	S	S1	S2	S3	H	H1	H2	G	R
325.71	φ 131.8	φ 10	φ 98	φ 6	36	7.5	28.5	37	13	13	6	74				58.5

Model No. : 225 \ 325 \ SERIES

Outline :

- All series are liquid-filled.
- Water-proof, shock resistant, and closed structures are durable and accurate, good for long time running.
- Special materials of movement and bourdon tube have lasting durabilities.
- It is applicable to the places of both strong fluctuation and non-corrosive fluid, such as air, water and oil.

Features :

- Model** : 225 series. (Push Twist Removable Bezel-RB)
 325 series. (Crimped on Bezel-CB)
- Type** : Pressure gauge, Vacuum gauge, Compound gauge.
- Nominal Size** : 100mm.
- Case** : Stainless Steel AISI 304 supplied with LM, CBM or LBM mount type and blowout disk on the top.
- Tubing** : Brass or Phosphor Bronze(upon request).
- Movement** : Brass.
- Connection** : Brass, 1/4", 3/8", 1/2", NPT, PT, PF.
- Pointer Type** : General (Selective Adjustable Pointer).
- Accuracy** : $\pm 1.5\%$ F.S.(READ ANSI-B40.1 1985)
- Scale** : psi, bar, kPa, MPa, Kg/cm² etc. (Single or Dual Scale)

Note :

- LM : Lower Mount.
- CBM : Center Back Mount.
- LBM : Lower Back Mount.

Specifications :

Nominal size (mm)		Case	Connection	Model No.	Case Accessory
100	A	_____	NPT \ PT \ PF (1/4" \ 3/8" \ 1/2")	225.11	_____
		_____		325.11	_____
	B	Back Flange		225.21	_____
		_____		325.21	_____
	D	_____		325.41	_____
		Front Flange		325.51	_____
		_____		325.61	_____
		_____		325.71	_____
D	Fixed Strap	325.81	L Clamps		
	_____	325.91	U Bracket		

Ranges (Kg/cm ²)	Socket	Tube	Accuracy (%F.S.)	Others
76 cmHg ~0	Brass or S.S.304	Brass or Phosphor Bronze or S.S.316	± 1.5	<ul style="list-style-type: none"> • Case & Ring 304 St. St. • Window Glass Acrylic (ASA LENS) • Liquid Filled Glycerine Silicon
cmHg 1				
2				
3				
4				
6				
10				
15				
20				
0~ 1				
2				
3				
4				
6				
10				
15				
20				
25				
35				
50				
70				
100				
150				
250				
350				
500				
700				
1000				

1.3 Mangueras de presión

La manguera seleccionada corresponde a la serie Parker serie 7093 Negra para propósitos generales y transporte de agua y aire a una presión max de 300 PSI.

300 PSI General Service Air Hose

GST® II General Service Air & Water Hose An economical and versatile general purpose hose, which is excellent for air & water service as well as many agricultural chemicals including LASSO® herbicide. The EPDM tube and cover resists heat, sunlight, ozone and weathering. The GST II hose exceeds RMA class C medium oil resistance requirements. Suitable for applications such as oil mist lubricating air lines, but NOT suitable for the transfer of petroleum products. Closely plied reinforcement of high tensile cord provides excellent coupling retention and kink resistance.

4:1 Design factor.

Tube: Black EPDM

Cover: EPDM

Reinforcement: Multiple textile spirals

Branding Example: PARKER SERIES 7130 GST® II I.D (In & MM) XXX PSI MAX WP MADE IN USA

Brand Description: Ink Brand - White letter color

Hose Series & Cover Color:

7031 (Green)

7057 (Blue)

7092 (Red)

7093 (Black)

7096 (Yellow)



ANEXO D. FICHAS TÉCNICAS DE ACCESORIOS DEL SISTEMA OLEOHIDRÁULICO

1. Ficha técnica de accesorios sistema oleohidráulico.

1.1 Aceite iso 46



PRODUCTO: ACEITE HIDRÁULICO INDUSTRIAL ISO – TP 32 - 46 - 68 - 100 - 150

CARACTERÍSTICAS

Es un aceite elaborado con bases lubricantes parafínicas altamente refinadas de excelente estabilidad térmica a las que se le agregan aditivos antidesgaste, inhibidores de oxidación y antiespumantes que disminuyen los efectos nocivos del aire en los sistemas hidráulicos.

FUNCIONES

Este producto está especialmente formulado para satisfacer las especificaciones de los principales fabricantes de equipos hidráulicos y para aquellas aplicaciones donde se requiera un aceite hidráulico antidesgaste de alta calidad.

APLICACIONES

El **Aceite Hidráulico Industrial TP**, se recomienda para la lubricación de sistemas hidráulicos donde se requiera un aceite con propiedades antidesgaste tales como: bombas de paletas y engranajes que operan a presiones superiores a 1000 psi y 1200 rpm y en sistemas que tienen bombas de pistón especialmente de tipo axial o que operan entre 3500 y 5000 psi.

ANÁLISIS QUÍMICO	NORMA	ISO 46
Color		Ámbar
Gravedad API		32
Viscosidad Cinemática a 40°C, (cSt),Min.	ASTM D445	41.4
Viscosidad Cinemática a 40°C, (cSt),Máx.	ASTM D445	50.6
Índice de Viscosidad, Min.	ASTM D 2270	90
Punto de Inflamación, °C (°F), Min.	ASTM D 92	185 (365)
Número Total de Ácido TAN, (mg KOH/g)	ASTM D 664	0.75
Corrosión a la Lámina de Cobre, Máx.	ASTM D 130	1b
Determinación del Volumen de Espuma, (ml), Máx	ASTM D 892	10/0
Secuencia I		50/0
Secuencia II		10/0
Secuencia III		

1.2 Bomba de paletas V10-1P3P-1C20

Single Fixed Hydraulic Pumps



Single Hydraulic Pumps • Fixed Displacement
Vickers V10 Series Vane Pumps • To 10.5 GPM @ 1800 RPM



Vickers

Vickers® V10 Vane Pumps



Unless noted otherwise, all pumps have: 2-Bolt SAE A Mounting Flange. 1" NPT Inlet, 1/2" NPT Outlet.

Application Information: page 735

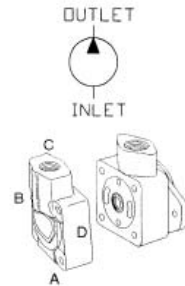
Specifications: page 736

Model Codes: page 737

Dimensions: page 738

Replacement Parts: page 690

Foot Brackets: page 733



Pumps are stocked as shown in table.

ANY inlet position and rotation is available for same-day shipment.

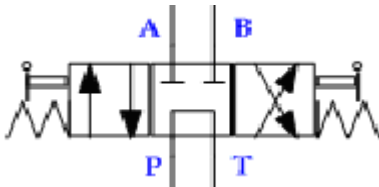
See Model Codes page to select a different model code.

Vickers® V10 Vane Pumps

Catalog Part No.	Vickers Part No. See Note Above	Vickers Model See Note Above	Shaft	Displ	Ring Size 1200 RPM	Flow GPM 1800 RPM	Outlet Position	Rot.	Max. PSI & Max. RPM	Wt.
•C1BM73	382077-3	V10-1P3P-1C20	3/4 Straight Keyed	0.6	03	4.5	In-line with Inlet (C)	CW	2500 PSI 4000 RPM	10.52

1.3 Válvula direccional Contarini BM 50

CONTARINI



Mod. BM 50

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

TECHNICAL DATA - CARACTERISTICAS TECNICAS

- Débit nominal <i>Nominal flow - Caudal nominal:</i>	50 L/min. 13 GPM
- Débit maxi <i>Max. flow - Caudal max.</i>	70 L/min. 18 GPM
- Pression nominale <i>Nominal pressure - Presión nominal:</i>	250 bar 3600 psi
- Pression maxi sur les orifices A-B <i>Max. pressure on ports A-B - Presión maxima sobre los orificios A-B:</i>	300 bar 4400 psi
- Pression maxi sur le retour <i>Max. pressure in tank-line - Presión max. al retorno</i>	80 bar 1100 psi

CODE Code Código	TYPE Type Tipo	N° Leviers Sections No. Nr. Palancas	Kg
DBM3111001	BM 50/1/GU/MO A1	1	2,8

ORIFICES STANDARD - STANDARD PORTS - ORIFICIOS ESTANDAR

A - B	P	T	P2	T2
1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"

1.4 Válvula antirretorno Junwell 3000 PSI




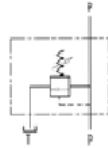
In-Line Check Valves CV-03-10H Series CIT-03-08 Series

Download PDF

MODEL NO.	THREAD CONNECTION	A mm	B mm	C mm	WORKING PRESSURE	CRACKING PRESSURE	Weight Kgs
CV-03	3 / 8 " PT	23	74		210 kg / cmf (3000 PSI)	05 : 0,5 kg / cmf 50 : 5,0 kg / cmf	0.19
CV-04	1 / 2 " PT	29	80				0.32
CV-06	3 / 4 " PT	35	90				0.50
CV-08	1 " PT	46	113				1.12
CV-10	1 - 1 / 4 " PT	55	133	60			2.10
CV-12	1-1/2" PT	60	139	65			2.20
CV-16	2" PT	75	154	80			3.96

1.5 Válvula de seguridad Contarini VMP 50

LIMITEUR DE PRESSION RELIEF VALVE VALVULA LIMITADORA DE PRESION					
CODE Code Código	ORIFICES Thread Rosca	Q Max l/min.	P Max bar	TYPE Type Tipo	Kg.
RESSORT - SPRING - MUELLE A=10:50 bar - C=10:180 bar (standard) - E=80:300 bar					
V0120.0008	1/2"	70	300	VMP 1/2" C	1,06

VMP

1.6 Mangueras tipo R2 Diámetro 3/8" y 1/2"

Hydraulic Hose



GH793

**Double Wire Braid
Meets or Exceeds Din 20 022
Type 2SN
Exceeds SAE 100R2AT
Hi-Impulse®**



Construction: Synthetic rubber tube, double wire braid reinforcement and black synthetic rubber cover.

Application: Hydraulic system service with petroleum and water-base fluids, for general industrial service. Please review the general guidelines for selection, installation and maintenance of hose assemblies starting on page 1430

Operating Temperature Range: -40°F. to +212°F.

Crimp Fittings: Global TTC (Steel) page 224 Global TTC (Stainless Steel) page 301 Field Crimp page 252 Global Skive page 254

Reusable Fittings: Thru-The-Cover (Steel) page 282 Thru-The-Cover (Stainless Steel) page 305

Note: Pressure ratings for assemblies with Field Crimp or Reusable Fittings are up to 31% lower than assemblies using Global TTC or Global Skive Crimp fittings. See table below.

Catalog Part No.	Aeroquip Model	Hose I.D. (in)	Hose O.D. (in)	Maximum Operating Pressure (psi)	Minimum Burst Pressure (psi)	Minimum Bend Radius (in)	Vacuum Service (in/Hg)	Reel Qty (ft)	Wt. (per ft)
C1CX76	GH793-6R500	0.38	0.75	5000(Global) 4000(other)	20000(Global) 16000(other)	5		450-550	0.38
C1CX75	GH793-6R250	0.38	0.75	5000(Global) 4000(other)	20000(Global) 16000(other)	5		225-300	0.38
C1CX78	GH793-8R500	0.50	0.87	4250(Global) 3500(other)	17000(Global) 14000(other)	7		450-550	0.46
C1CX77	GH793-8R250	0.50	0.87	4250(Global) 3500(other)	17000(Global) 14000(other)	7		225-300	0.46

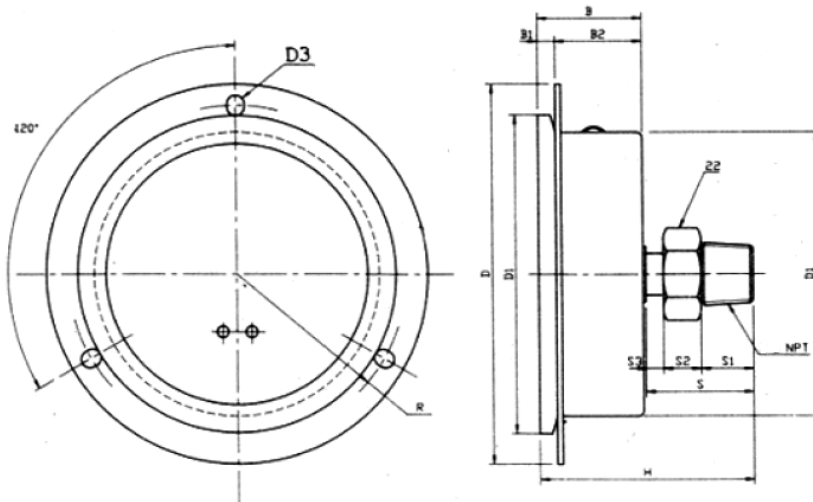
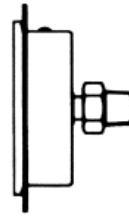
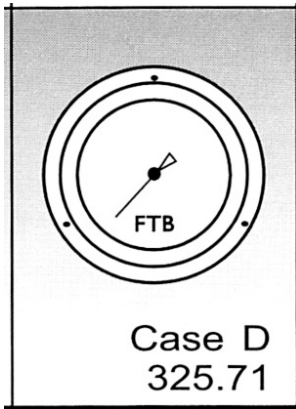
1.7 Manómetro de lectura de presión

El manómetro seleccionado corresponde a un manómetro de lectura análoga tipo D 325.71 con carátula de 4" y rango de lectura de 0 a 5000 PSI y de 0 a

350 Kg/cm² con una resolución de 200 PSI y 00 Kg/cm² y conexión de 1/2" con rosca NPT.



LIQUID FILLED PRESSURE GAUGES



Dimensions in (mm)

Model	D	D1	D2	D3	B	B1	B2	S	S1	S2	S3	H	H1	H2	G	R
325.71	φ 131.8	φ 10	φ 98	φ 6	36	7.5	28.5	37	13	13	6	74				58.5

Model No. : 225 \ 325 \ SERIES

Outline :

- All series are liquid-filled.
- Water-proof, shock resistant, and closed structures are durable and accurate, good for long time running.
- Special materials of movement and bourdon tube have lasting durabilities.
- It is applicable to the places of both strong fluctuation and non-corrosive fluid, such as air, water and oil.

Features :

- Model** : 225 series. (Push Twist Removable Bezel-RB)
325 series. (Crimped on Bezel-CB)
- Type** : Pressure gauge, Vacuum gauge, Compound gauge.
- Nominal Size** : 100mm.
- Case** : Stainless Steel AISI 304 supplied with LM, CBM or LBM mount type and blowout disk on the top.
- Tubing** : Brass or Phosphor Bronze(upon request).
- Movement** : Brass.
- Connection** : Brass, 1/4", 3/8", 1/2", NPT, PT, PF.
- Pointer Type** : General (Selective Adjustable Pointer).
- Accuracy** : ± 1.5%F.S.(READ ANSI-B40.1 1985)
- Scale** : psi, bar, kPa, MPa, Kg/cm² etc. (Single or Dual Scale)

Note :

- LM : Lower Mount.
- CBM : Center Back Mount.
- LBM : Lower Back Mount.

Specifications :

Nominal size (mm)	Case		Connection	Model No.	Case Accessory
	A	B			
100	A	_____	NPT、PT、PF (1/4"、3/8"、 1/2")	225.11 325.11	_____
	B	Back Flange		225.21 325.21	_____
	D	_____		325.41 325.51	_____
		Front Flange		325.61 325.71	_____
		Fixed Strap		325.81	L Clamps
				325.91	U Bracket

Ranges (Kg/cm ²)	Socket	Tube	Accuracy (%F.S.)	Others
76 cmHg				
~0				
1				
2				
3				
4				
6				· Case & Ring 304 St. St.
10				
15				
20				
0~				
1				
2				
3				
4	Brass	Brass or		
6	or S.S.304	Phosphor	± 1.5	· Window Glass Acrylic (ASA LENS)
10		Bronze		
15		or S.S.316		
20				
25				
35				
50				· Liquid Filled Glycerine Silicon
70				
100				
150				
250				
350				
500				
700				
1000				

ANEXO E

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA FUNDICIÓN DE HIERRO GRIS PRODUCIDO EN LA FABRICA DE LA EMPRESA IDEA LTDA.

La prueba presentada a continuación corresponde a la certificación del material fundición de hierro gris y hierro nodular producido por la Fábrica de la empresa IDEA LTDA, material del cual fueron fabricadas varias piezas del equipo banco de pruebas hidrostático. Estas pruebas son contratadas con los laboratorios de metalurgia de Indumil Bogota.

CARACTERISTICA FISICO QUIMICAS								
COMPOSICION QUIMICA %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mg
HIERRO GRIS	3,53	1,96	0,49	0,10	0,19	0,19	0,09	<0,001
HIERRO NODULAR	3,62	3,96	0,50	0,11	0,006	0,18	0,05	0,11

OF

0.9% 0.15%

DUREZA	
MATERIAL	HARDNESS BRINELL
HIERRO GRIS	150 - 160
HIERRO NODULAR	195 - 210

METALOGRAFIA

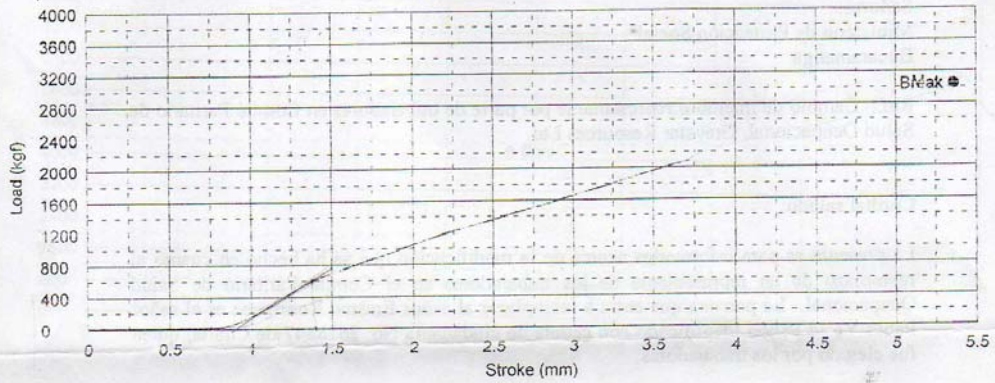
MATERIAL	ESTRUCTURA
HIERRO GRIS	PERLITA CON FERRITA DEL 5%, Y UN 2% DE CARBUROS
HIERRO NODULAR	GRAFITO NODULAR, MATRIZ PERLITICA CON UN 15% DE FERRITA

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	12,9400	59,9600

Name	Max. Carga	Max. Esfuerzo	Rotura Carga	Red. de Area	Alargamiento
Units	kgf	kgf/mm2	kgf	%	%
1 - 1	3051,82	23,2080	3039,55	1,99917	,55037

CLIENTE BUCARAMANGA



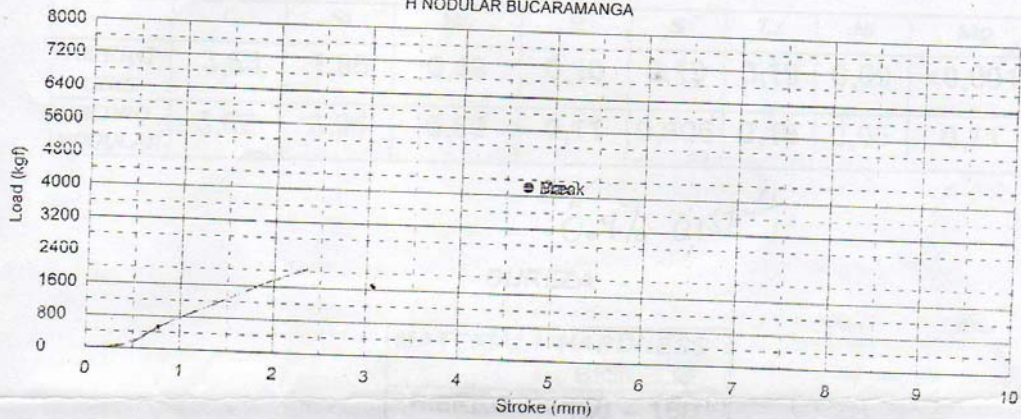
Comment
CLIENTE BUCARAMANGA

Shape: Rod

	Diameter	Gauge Length
Units	mm	mm
1 - 1	12,5000	64,2700

Name	Max. Carga	Max. Esfuerzo	Rotura Carga	Red. de Area	Alargamiento
Units	kgf	kgf/mm2	kgf	%	%
1 - 1	4214,61	34,3438	4214,61	-9900,0	,60683

H NODULAR BUCARAMANGA



Comment
HIERRO NODULAR BUCARAMANGA

ANEXO F

PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACCESORIOS DE TUBERÍA POR INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA. IDEA LTDA.

1. ELABORACIÓN DE ACCESORIOS PARA TUBERÍA POR INDUSTRIAL DE ACCESORIOS LTDA

1.1 FUNDICIÓN

1.1.1 Definición

Se denomina **fundición** al proceso de fabricación de piezas, comúnmente metálicas pero también de plástico, consistente en fundir un material e introducirlo en una cavidad, llamada molde, donde se solidifica.

El proceso tradicional para la fundición de hierro gris es la fundición en arena, por ser ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido.

1.1.2 Propiedades materia prima utilizada por industrial de accesorios Ltda.

La fundición gris tiene una composición que varía entre 93 y 93,8% de hierro, 2,5 y 4% de carbono y 1 a 3% de silicio. Las reacciones químicas internas derivan en la formación de hojuelas de grafito (carbono) distribuidas a todo lo largo del producto fundido en la solidificación. Esta estructura es la causa de que la superficie del metal tenga un color gris cuando se fractura., de aquí el nombre de fundición gris.

Las hojuelas de grafito concentran esfuerzos, causando baja resistencia y ductilidad, pero la fundición gris tiene varias propiedades atractivas: alta resistencia a la compresión, buena maquinabilidad, adecuada resistencia al desgaste por fricción y a la fatiga térmica, buena conductividad térmica y amortiguamiento contra la vibración.

Muchas industrias de fundición en nuestro medio elaboran sus productos a partir de fundición gris partiendo de materias primas obtenidas de residuos industriales (chatarra). Debido a que no existen procesos de selección de estos residuos, la materia prima puede tener diferentes características que son trasladadas de hecho al producto.

1.1.3 Etapas del proceso en La Empresa Industrial de Accesorios Ltda.

1.1.3.1. Diseño del modelo

El modelo es la pieza que se pretende reproducir, pero con algunas modificaciones derivadas de la naturaleza del proceso de fundición:

- ✓ Será ligeramente más grande que la pieza, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma una vez se haya extraído del molde. Estas consideraciones se realizan a partir de tablas con valores predeterminados dados por la experiencia y por el acompañamiento técnico de instructores del SENA.
- ✓ Las superficies del modelo deberán respetar unos ángulos mínimos con la dirección de desmoldeo (la dirección en la que se extraerá el modelo), con objeto de no dañar el molde de arena durante su extracción. Este ángulo se denomina *ángulo de salida*.
- ✓ Incluir todos los canales de alimentación y mazarotas necesarios para el llenado del molde con el metal fundido.

- ✓ Si es necesario incluirá portadas, que son prolongaciones que sirven para la colocación del macho.

El punto de partida para la elaboración de modelos son planos emitidos por el departamento de diseño de la empresa.

1.1.3.2. Fabricación del modelo de accesorios

Los materiales empleados para fabricar los modelos son principalmente, madera, neolite, aluminio y combinaciones de estos.

En la planta de producción se cuenta con un stock de modelos que son usados cada vez que se realiza un pedido por parte del departamento comercial, a partir de esta solicitud el encargado de los modelos realiza una revisión del estado de los modelos y de su respectiva caja de machos, se realizan los ajustes necesarios y se procede a ejecutar el moldeo de la pieza en la arena. Figura 1.

Figura 1. Stock de modelos de fundición en la empresa IDEA LTDA.



Para las piezas que requieren un macho la empresa cuenta con los procedimientos e instructivos realizados bajo la norma ISO 9001, en donde se

detallan las proporciones e instrucciones básicas para la fabricación del macho. Figura 2.

Figura 2. Fabricación y almacenamiento de machos en la planta de producción de idea LTDA.



Se da por aprobado un modelo para la producción cuando se han fabricado varias piezas a partir de este y posteriormente se han realizado pruebas destructivas a estos que garantizan una uniformidad en la sección de pared de estos, estas pruebas son solamente de carácter dimensional.

Usualmente se fabrican dos semimodelos correspondientes a sendas partes del molde que es necesario fabricar acompañado de una caja de machos si la pieza lo requiere.

1.1.3.3. Proceso de fundición

- ✓ **Compactación** de la arena alrededor del modelo. Para ello primeramente se coloca cada semimodelo en una tabla, dando lugar a

las llamadas tablas modelo, que garantizan que posteriormente ambas partes del molde encajarán perfectamente.

- ✓ **Colocación del macho.** Si la pieza que se quiere fabricar es hueca, será necesario disponer machos que eviten que el metal fundido rellene dichas oquedades. Los machos se elaboran con arenas especiales debido a que deben ser más resistentes que el molde, ya que es necesario manipularlos para su colocación en el molde. Una vez colocado, se juntan ambas caras del molde y se sujetan.
- ✓ **Colada.** Vertido del material fundido en los moldes de arena.
- ✓ **Enfriamiento y solidificación.** Esta etapa es la más crítica de todo el proceso, ya que un enfriamiento excesivamente rápido puede provocar tensiones mecánicas en la pieza, e incluso la aparición de grietas, mientras que si es demasiado lento disminuye la productividad.
- ✓ **Desmoldeo.** Rotura del molde y extracción de la pieza. En el desmoldeo también debe retirarse la arena del macho. Toda esta arena se recicla para la construcción de nuevos moldes. En este paso del proceso puede dañarse la pieza siempre y cuando la operación no se haga con el cuidado correspondiente, esta operación es directamente supervisada por el supervisor de planta.
- ✓ **Desbarbado.** Consiste en la eliminación de los conductos de alimentación, mazarota y rebabas procedentes de la junta de ambas caras del molde.
- ✓ **Acabado y limpieza** de los restos de arena adheridos. Posteriormente la pieza puede requerir mecanizado, tratamiento térmico, etc. Durante este paso se determina si las posibles imperfecciones de las piezas son factibles de corregir o si definitivamente la pieza debe destruirse, para esta actividad se emplea herramientas como pulidoras de mano, motortoll y maquinas herramienta como torno y taladro.

1.1.3.4 Control de calidad durante el proceso y al producto terminado

Métodos de inspección y control de calidad: Los procedimientos de inspección en la fundición son realizados en cada paso del proceso y es responsabilidad de cada operario reportar lo encontrado en cada pieza, sin embargo en la parte final del proceso y antes de la pintura se realiza un inspección exclusiva para la liberación de cada pieza, las inspecciones incluyen:

- 1) Inspección visual para detectar defectos obvios como llenado incompleto, cortes fríos y grietas severas en la superficie
- 2) Medida de las dimensiones para asegurarse que están dentro de las tolerancias, este paso se realiza por medio de patrones en el proceso de mecanizado. Figura 3.

Figura 3. Patrones de medida empleados para realizar metrología al producto terminado



- 3) Pruebas metalúrgicas, químicas, físicas y otras relacionadas con la calidad inherente del metal fundido.

La acción de rechazo a piezas se inicia en el desmoldeo de la pieza donde por las razones ya expuestas inherentes al proceso de fundición la pieza sufre en el proceso de moldeo y pierde su integridad como accesorio.

Durante el proceso de mecanizado es cuando aparecen la mayor parte de imperfecciones que son causales de devoluciones, esto es debido a que se encuentran poros que en el desmoldeo permanecen ocultos por pequeñas capas de material, también se devuelven cuando el material tiene una dureza excesiva que no permite el mecanizado normal realizado a las piezas.

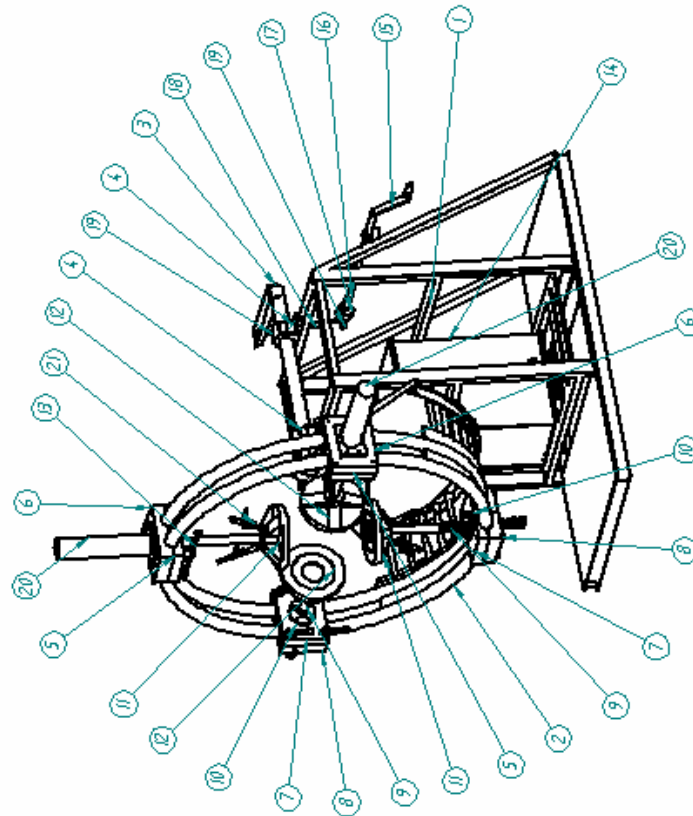
Son causales de devolución de las piezas los errores en mecanizados por medidas inexactas y tolerancias por encima de dos décimas de milímetro en la sección de sello o espigo.

A algunas de estas piezas es posible recuperarlas por medio de procesos de reparación y reconstrucciones de pequeños defectos y en secciones no críticas por medio de soldadura, se conoce como sección crítica a la sección de la pieza donde se instala el caucho de sello entre tubería y el resto de cuerpo del accesorio expuesto a intemperie.

ANEXO G

PLANOS

**BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICO PARA LA VERIFICACIÓN DE
HERMETICIDAD EN ACCESORIOS DE TUBERÍA DE HIERRO GRIS.**

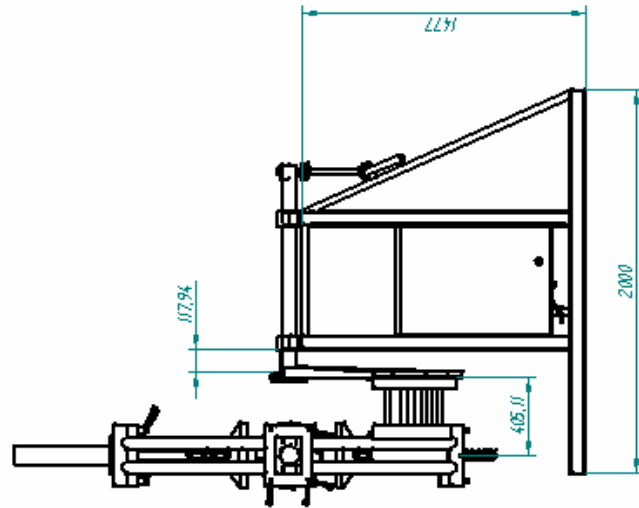
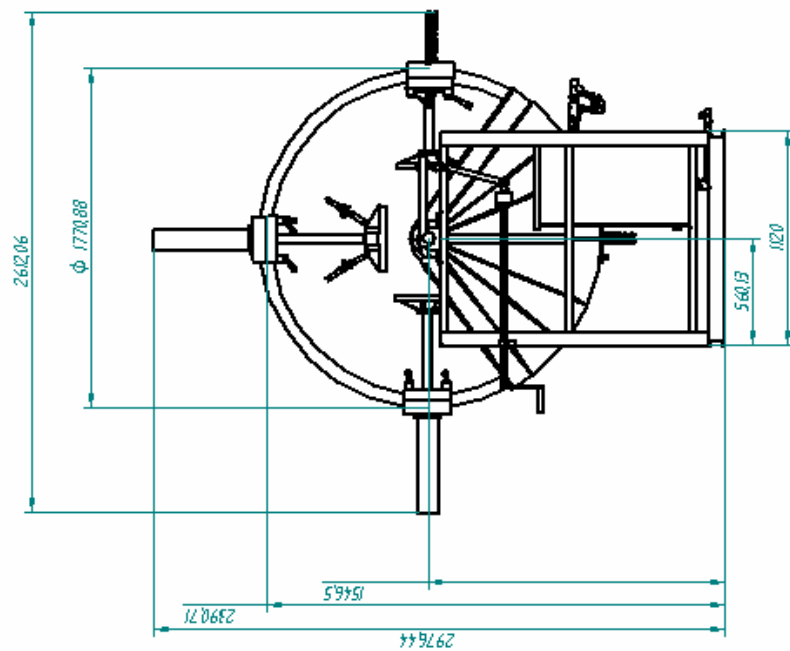


NUMERO DE ELEMENTO	ELEMENTO	CANTI-DAD	MATERIAL
1	Eje	1	Perforia acero A36
2	Marco soporte arcos	1	Acero A36 y HR
3	Tubo eje	1	Acero A36 y HR
4	Conjunta chumacera	2	Hierro gr 8
5	Brida interna cilindro	2	Hierro gr 8
6	Brida externa cilindro	2	Hierro gr 8
7	Brida interna tornillo	2	Hierro gr 8
8	Brida externa tornillo	2	Hierro gr 8
9	Tornillo de potencia	2	Acero Sae 1045
10	Tuerca de potencia	2	Hierro gris
11	Tapon alimentador	2	Hierro gris
12	Tapon ciego	2	Hierro gr 8
13	Conjunta manija	12	Acero Sae 1045-1020
14	Tapique agua	1	Acero inoxidable
15	Brazo manivela de giro	1	Acero A 36
16	Tornillo de fraccion	1	Acero
17	Caja parafundamiento	1	Hierro gr 8
18	Eje biela	1	Acero SAE 1020
19	Horquilla	2	Acero
20	Actuadores hidraulicos	2	HA
21	Valvulas de cierre	4	HA

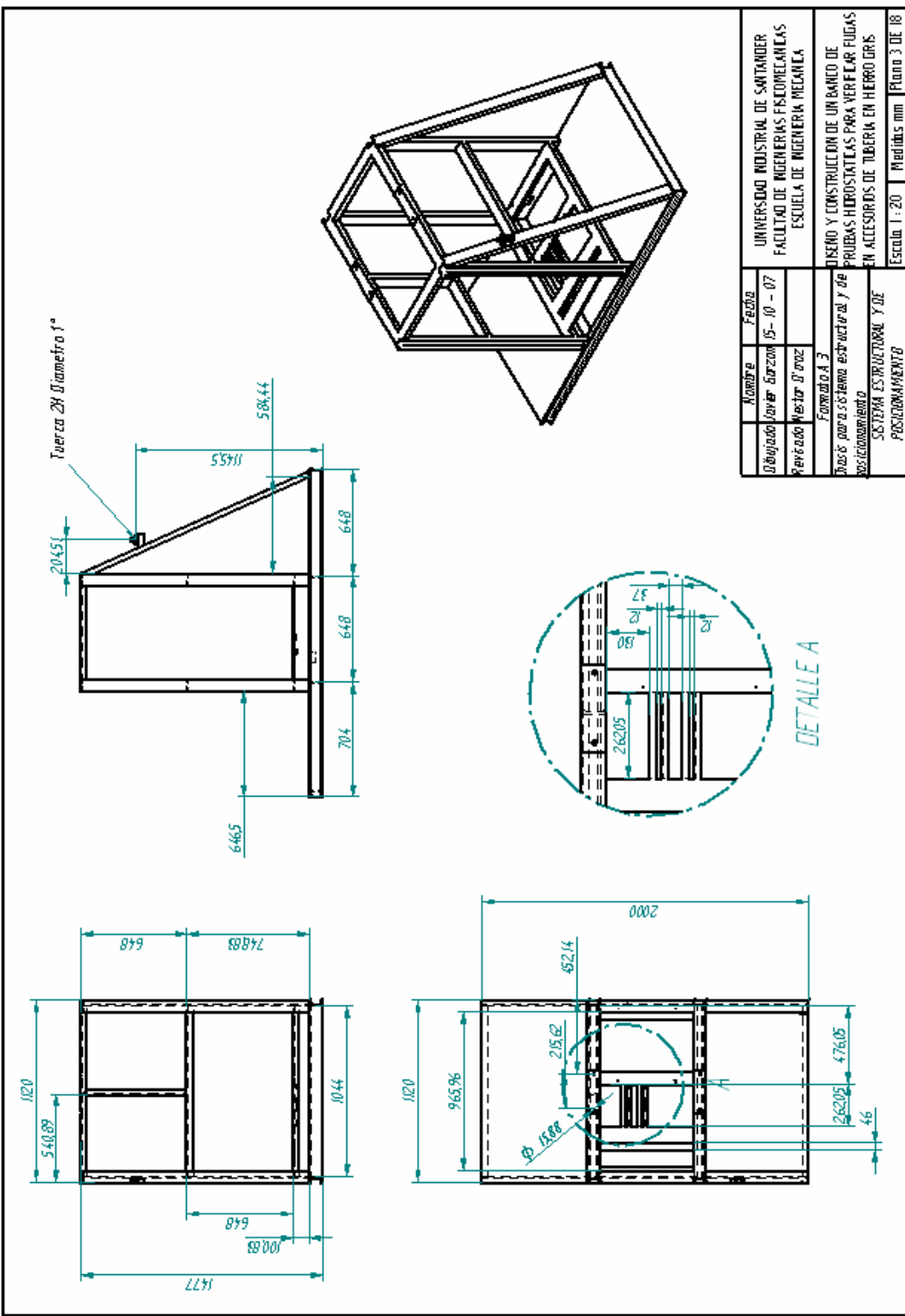
Nombre	Fecha
Obviado Javier Garzon	15-10-07
Revisado Nestor D. Paez	
Escala: A 3	
Proyecto: Sistema estructural y de posicionamiento	
Tema: SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO	
Escala: 1:20 Medidas mm Plano: 1 de 18	

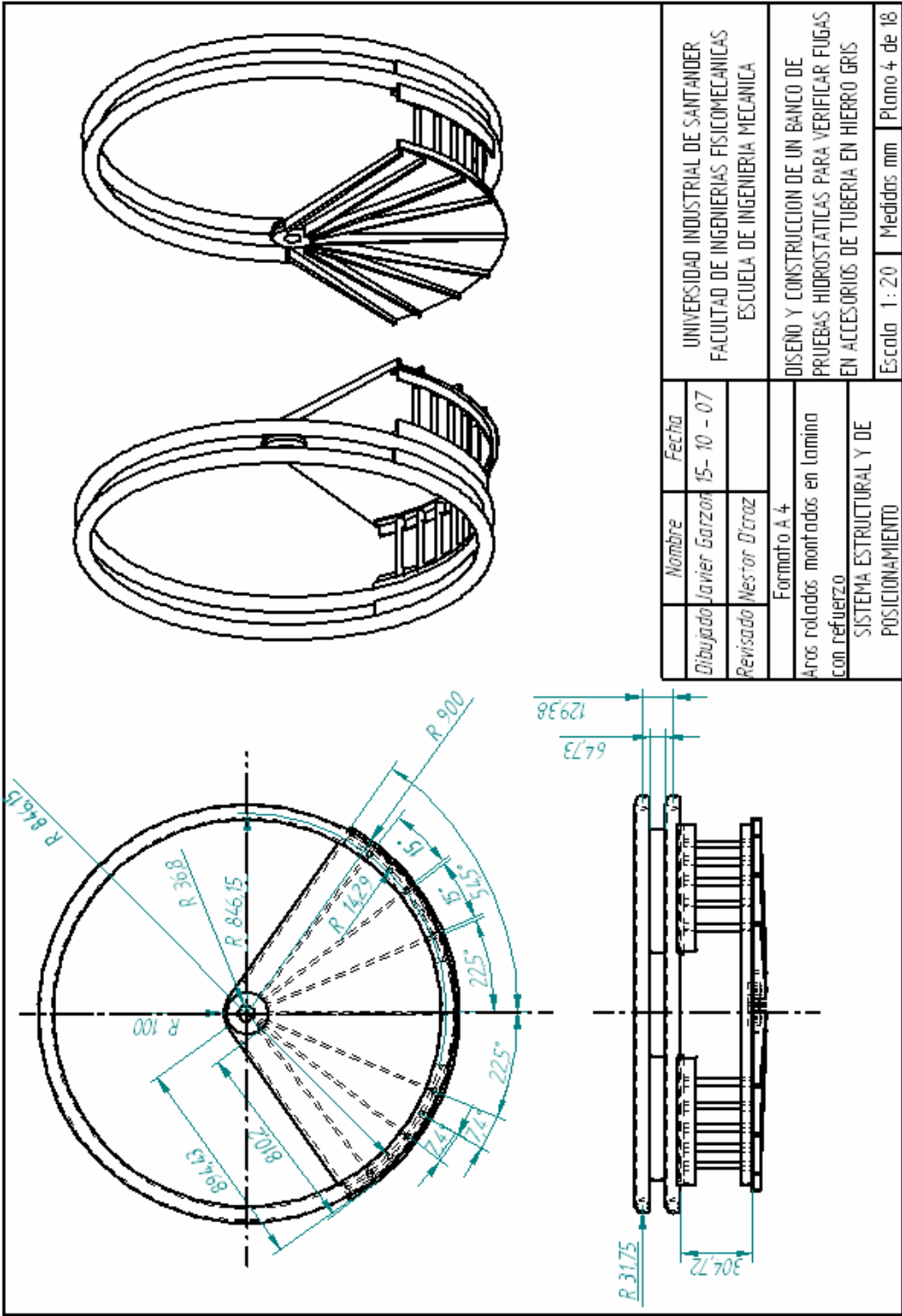
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERIAS FISCOMECANICAS
 ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GR 8

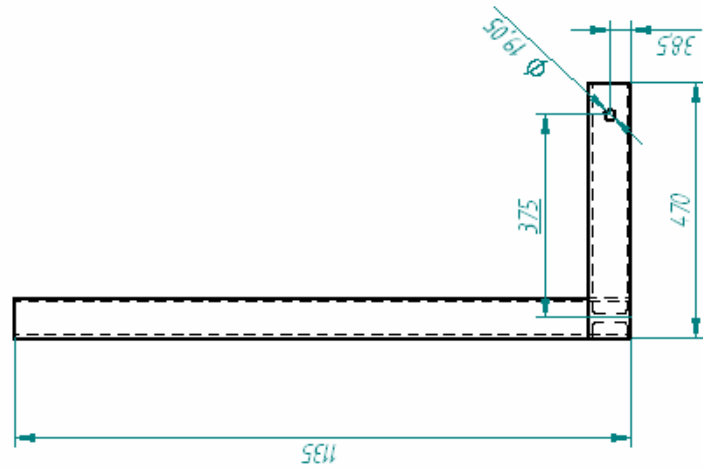
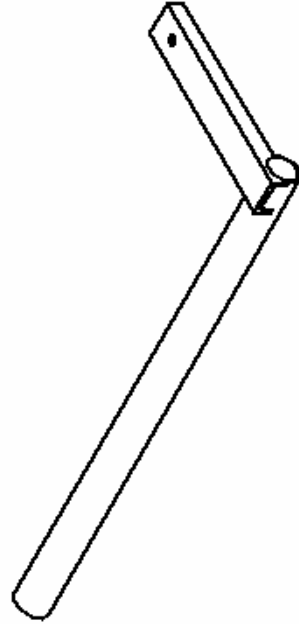
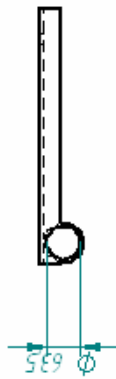


Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Dibujado Javier Garzon	15-10-07	FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
Revisado Nestor D. Paez		ESUELA DE INGENIERIA MECANICA
Ejercicio A3		
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HEROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO DIRS		
DIMENSIONES GENERALES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO		
SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO		
Escala 1:20		Medidas en mm
		Plano 2 de 18

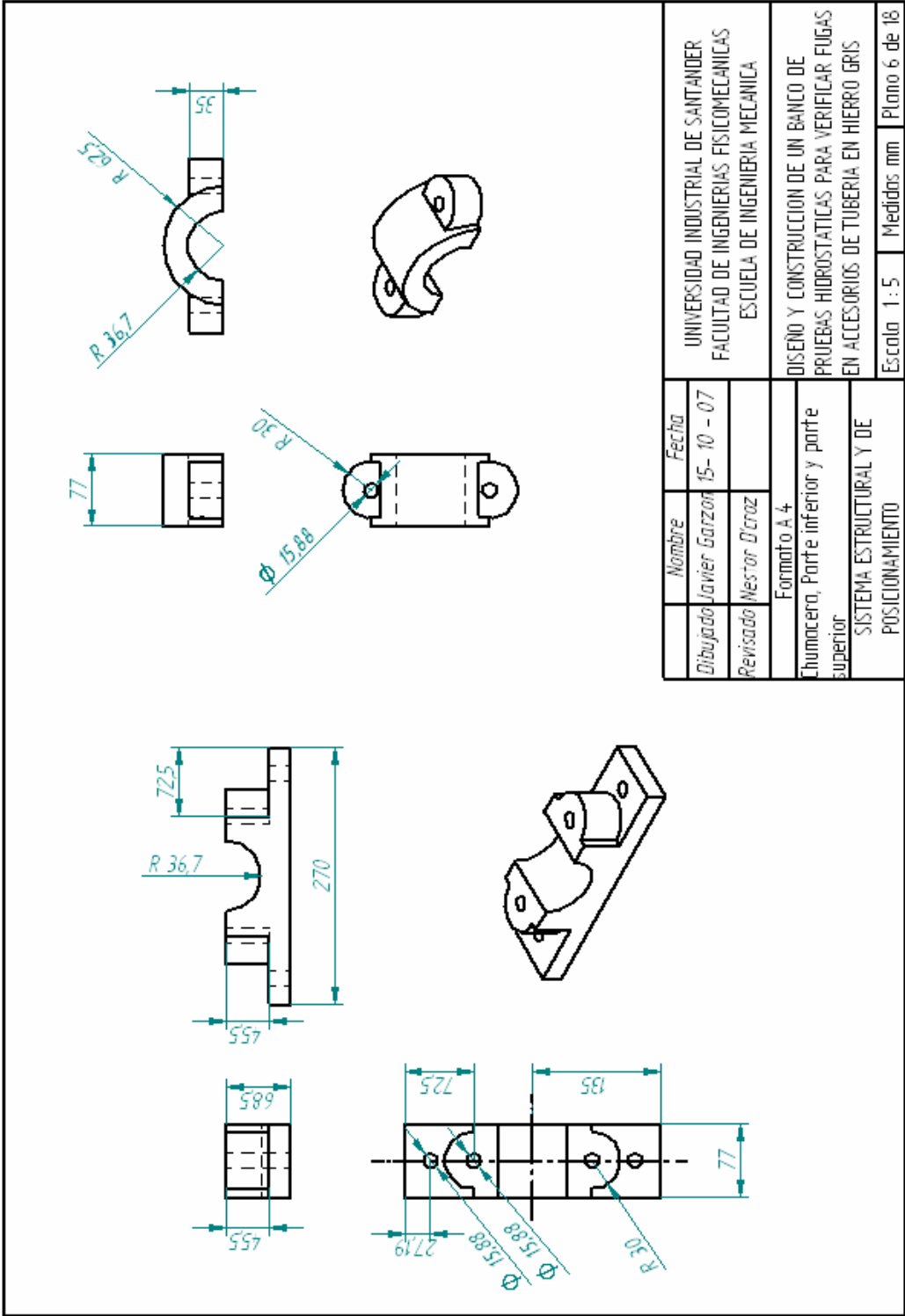




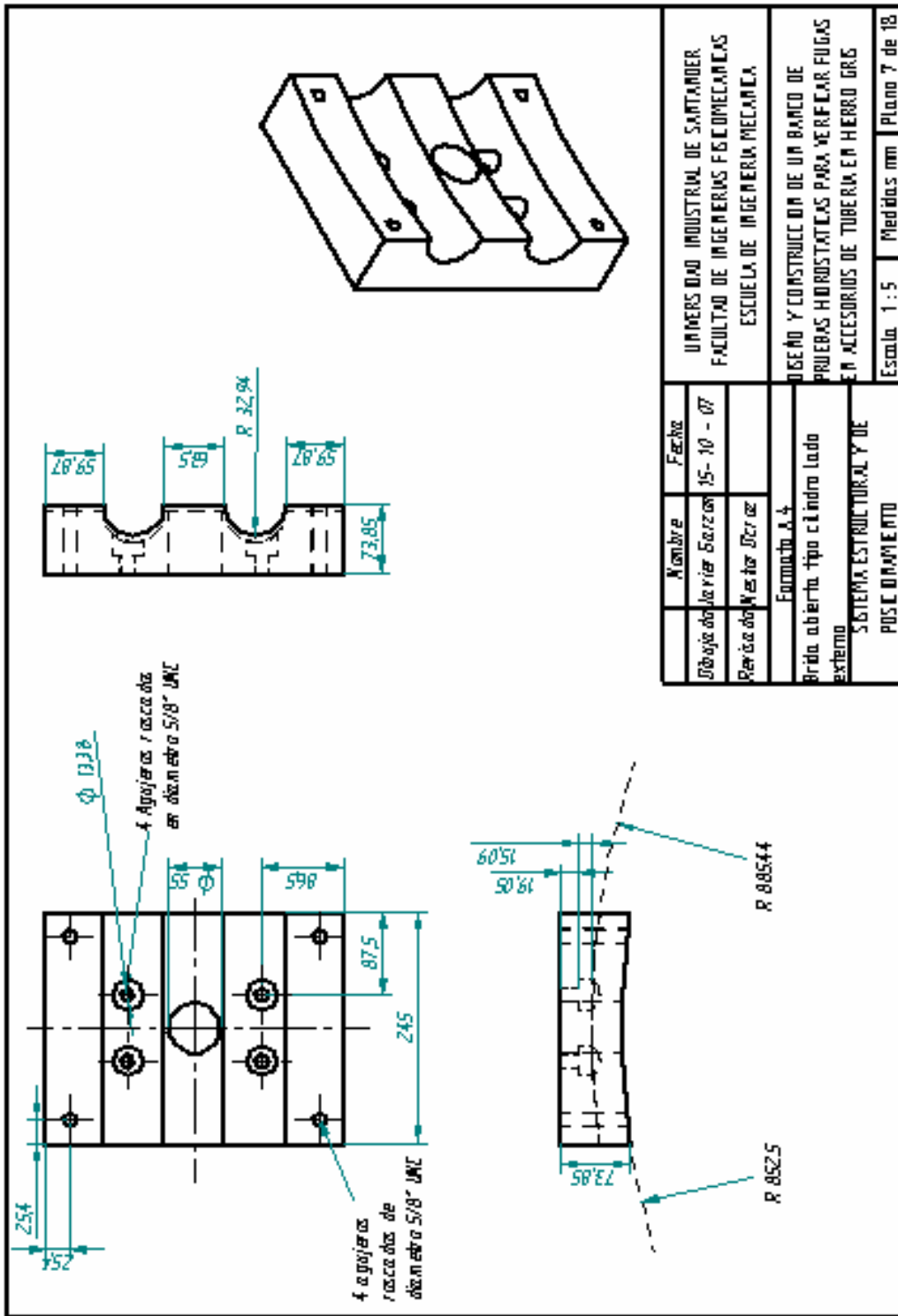
Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
Dibujado Javier Garzon	15-10-07	
Revisado Nestor D'cruz		DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS
Formato A4		
Aros rollados montados en lamina con refuerzo		SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO
Escala 1:20		



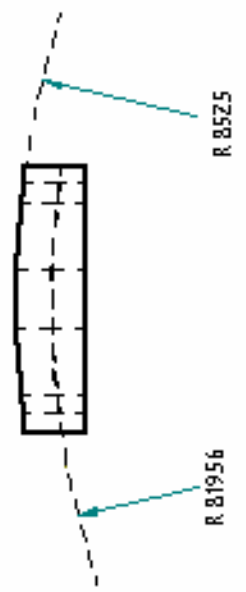
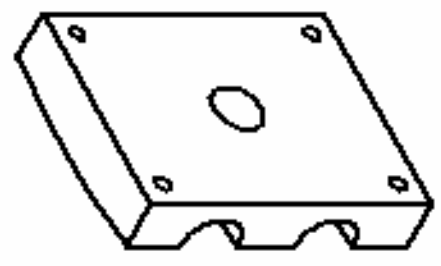
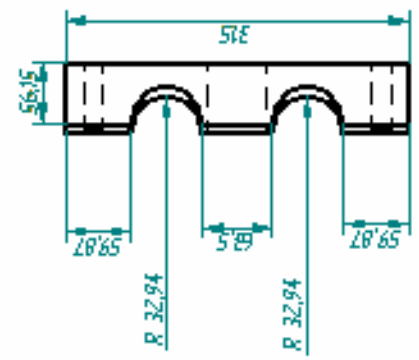
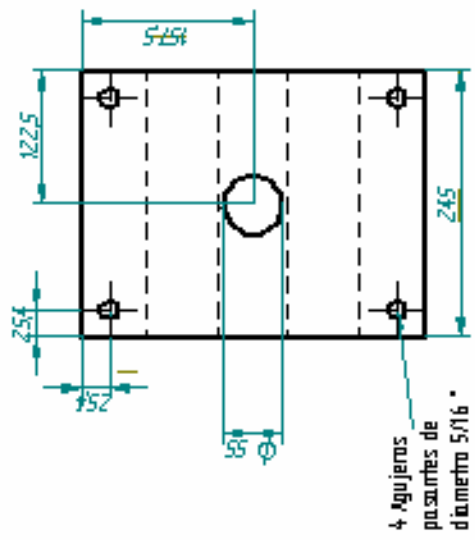
Nombre	Fecha
Dibujado Javier Garzon	15-10-07
Revisado Nestor D'cruz	
Formato A 4	
Tubo e je con brazo palanca	
SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS	
Escala 1 : 10	Medidas mm
Plano 5 DE 18	



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
Nombre	Fecha
Dibujado <i>Javier Garzon</i>	15- 10 - 07
Revisado <i>Nestor Dtroz</i>	
Formato A4	
Chumacera, Parte inferior y parte superior	
SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO	
Escala: 1:5	Medidas: mm
Plano 6 de 18	



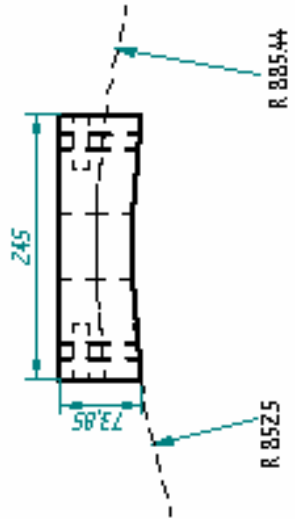
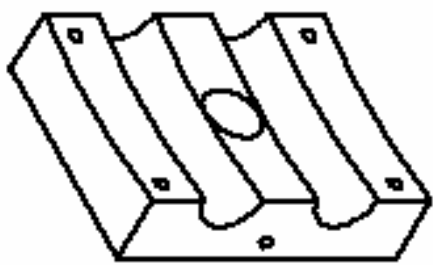
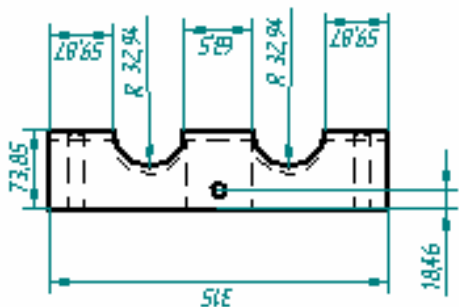
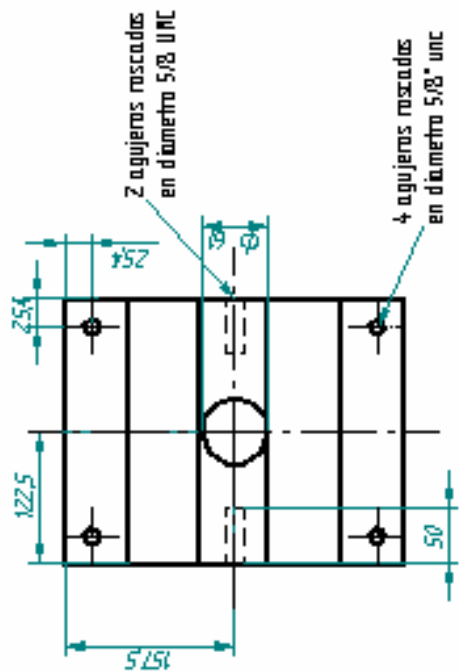
Nombre	Fecha
Dibujado por Javier Escobar	15-10-07
Revisado por Walter D'ezze	
Formación A.A.	
Brida abierta tipo cilindro lado externo	
SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	Medidas mm
FACULTAD DE INGENIERIAS FISIOMECANICAS	Plano 7 de 18
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS	
ESCALA 1:5	



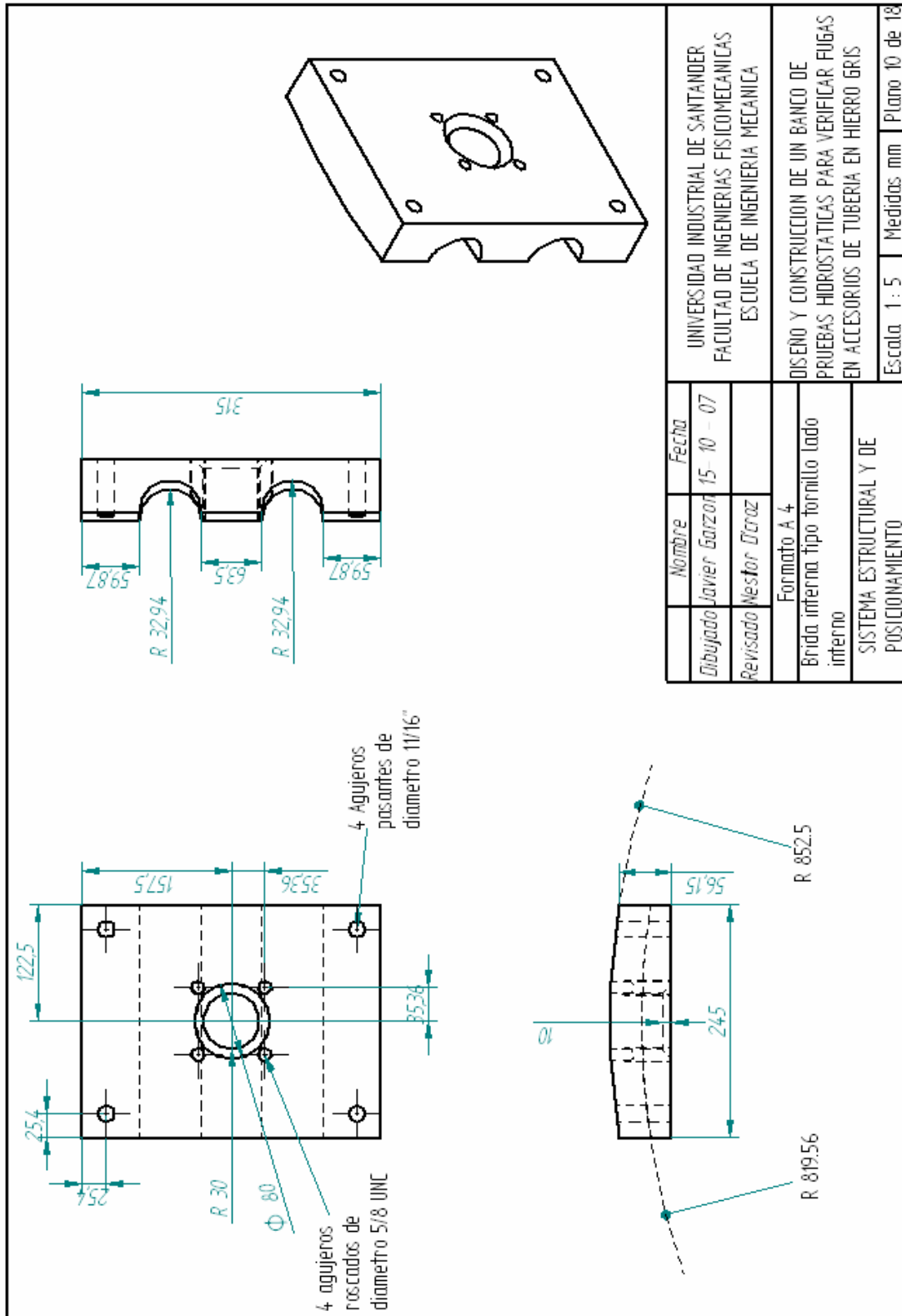
Nombre	Fecha	
Dibujó de Javier Barzon	15-10-07	
Revisó de Victor Becoz		
Formado A.A.		
Brida abierta tipo cilindro lado interno		
Sistema estructural y de posicionamiento		
Escala: 1:5	Medidas mm	Plano 8 de 18

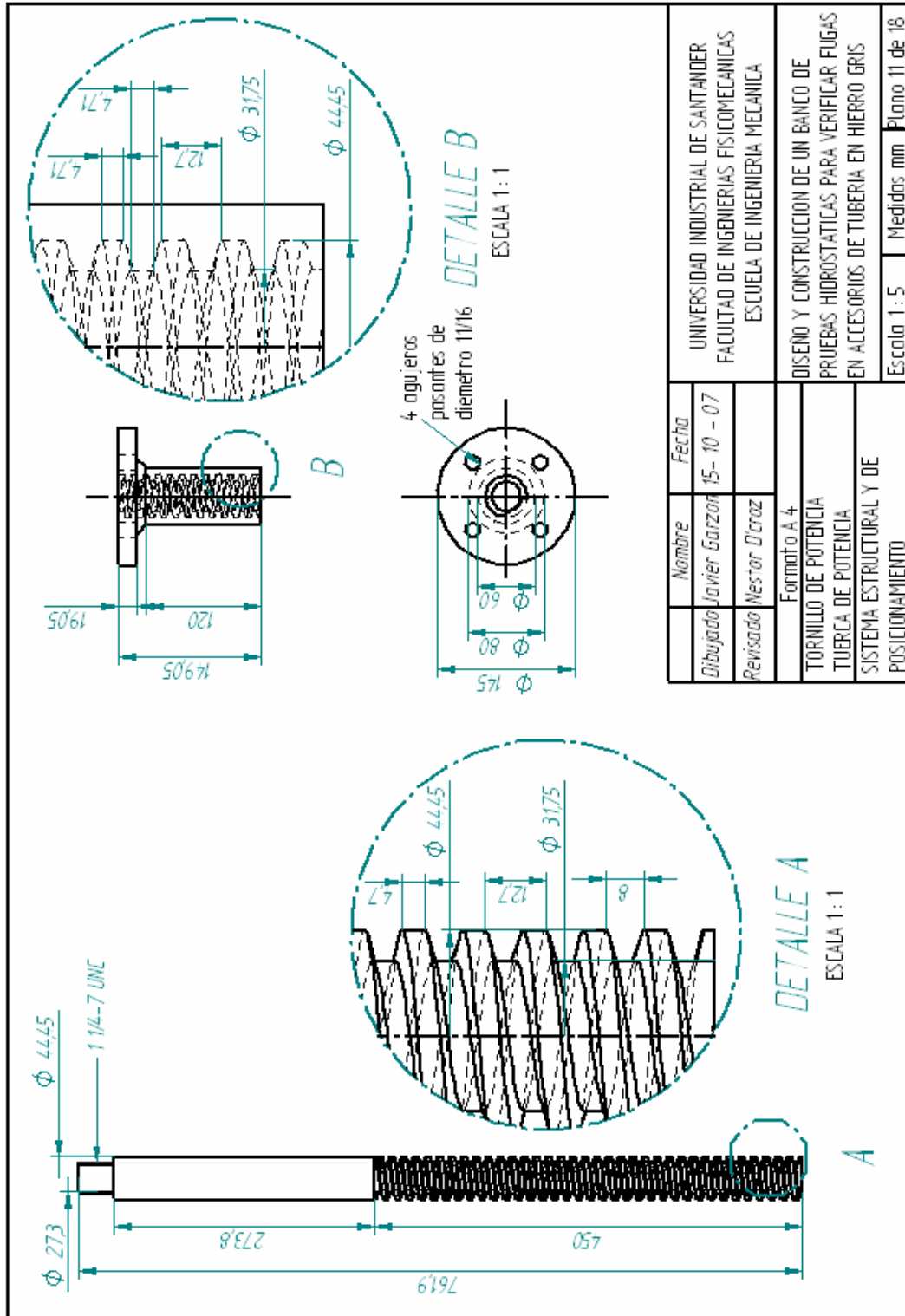
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
 ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE
 PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS
 EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS

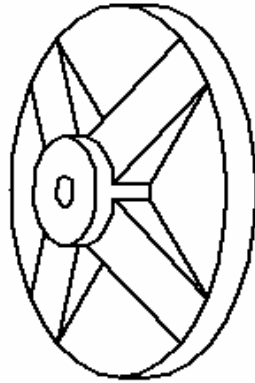
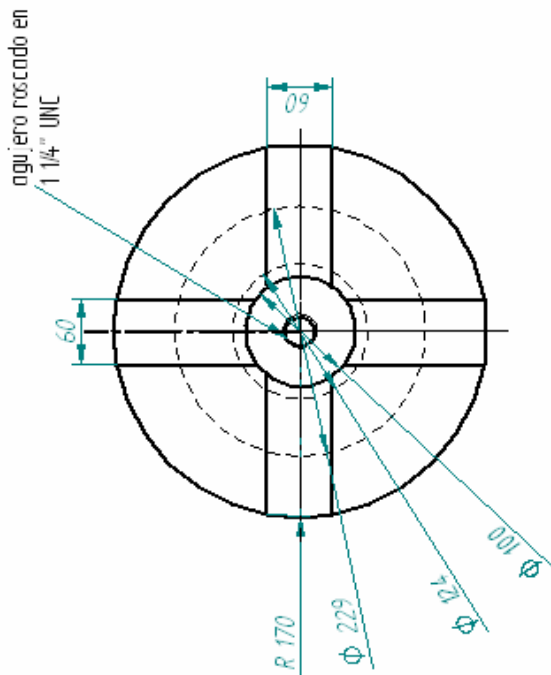
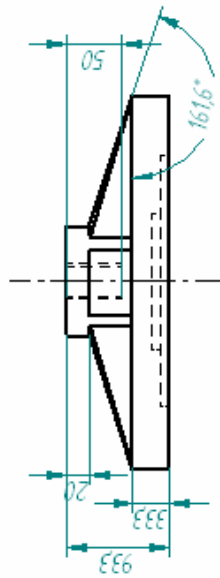


Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
Nombre del Profesor	15-10-07	
Revisor del Profesor		DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS
Formado por		
Brida abierta tipo tornillo lado externo		Escala: 1:5 Medios mm Plano 9 de 18
SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO		





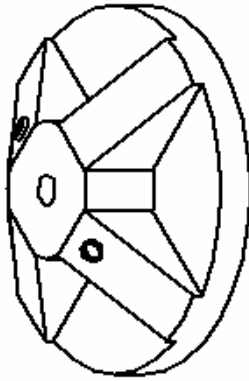
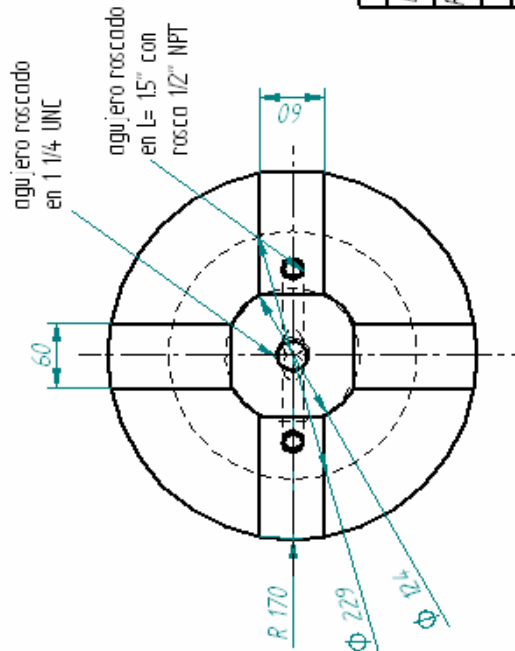
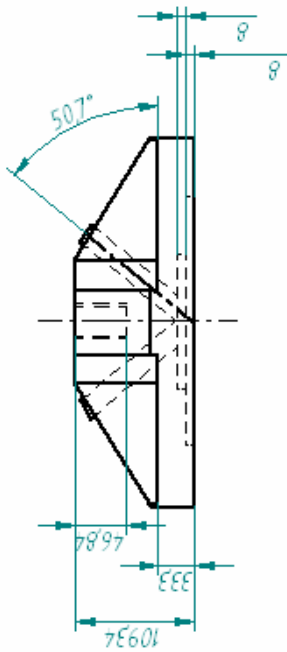
Nombre	Fecha
Dibujado Javier Garzon	15-10-07
Revisado Nestor D'croz	
Formato A 4	
TORNILLO DE POTENCIA	
TUERCA DE POTENCIA	
SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS	
Escala 1:5	Medidas mm
Plano 11 de 18	



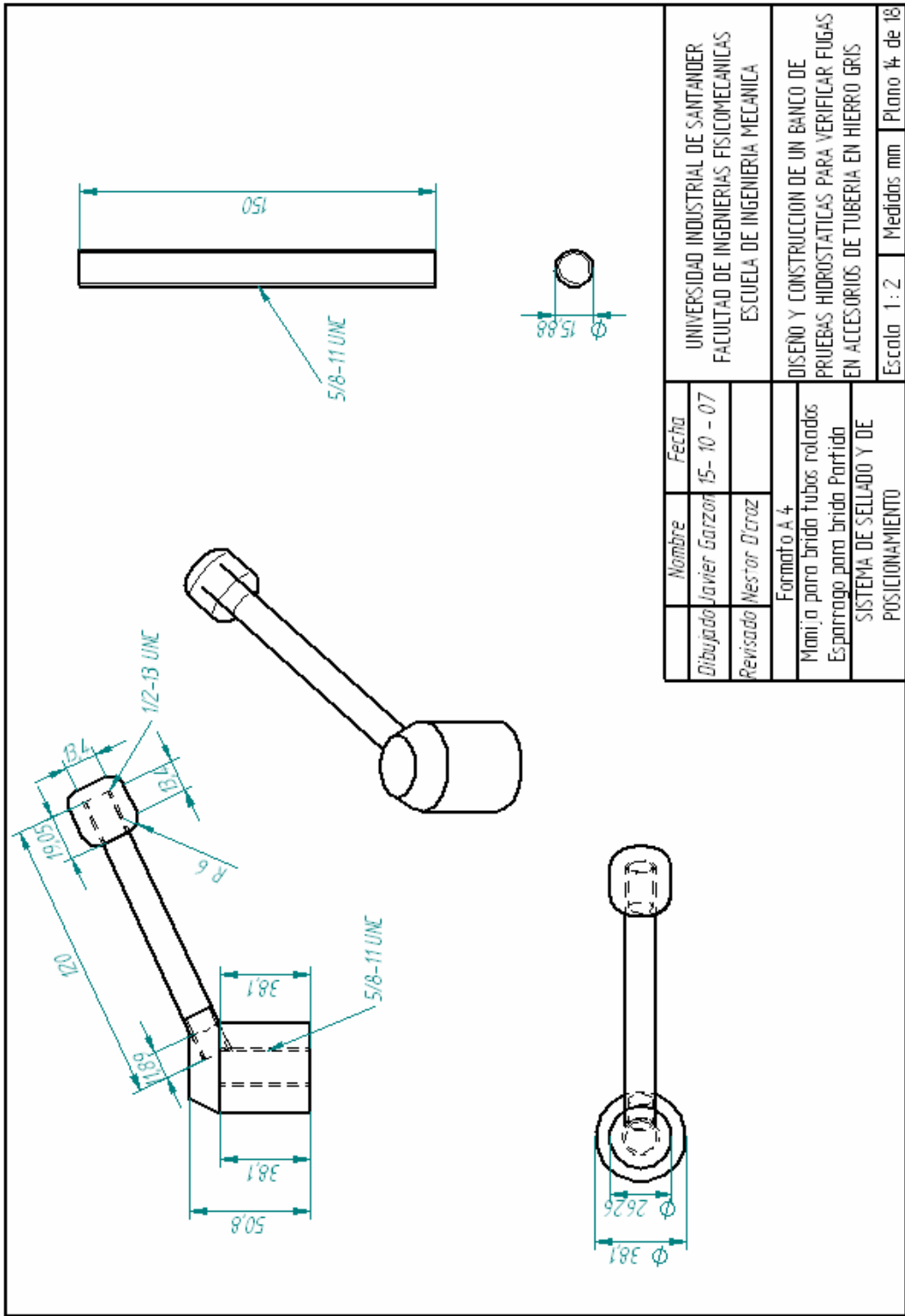
Nombre	Fecha	
Dibujado Javier Garzon	15-10-07	
Revisado Nestor D'croz		
Formato A 4		
Tapon de sello ciego		
SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO		
Escala: 1:5	Medidas mm	Plano 12 de 18

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS

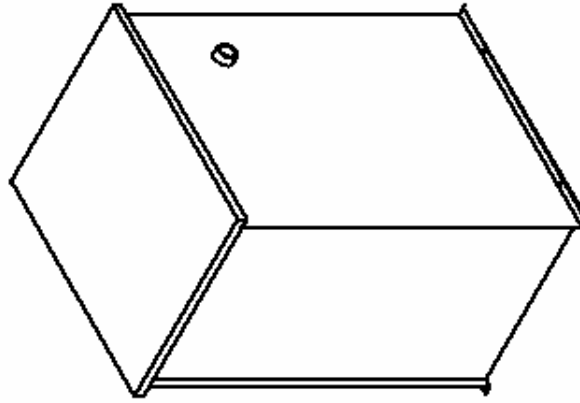


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
Dibujado Javier Garzon	Fecha 15- 10 - 07
Revisado Nestor D'croz	
Formato A 4	
Trapon de sello de alimentacion	
SISTEMA ESTRUCTURAL Y DE POSICIONAMIENTO	
Escala 1:5	Medidas mm
Plano B de 18	

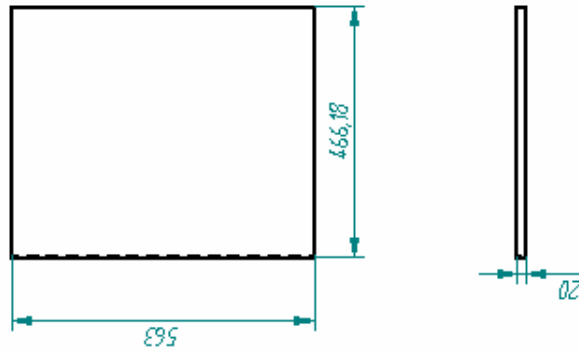


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS	
Dibujado	Javier Garzon	Fecha	15-10-07
Revisado	Nestor D'cruz	Formato	A 4
Materia		Materia para brida Tubos rolados	
Asignatura		Esparrago para brida Partida	
SISTEMA DE SELLADO Y DE POSICIONAMIENTO		Escala	
		1:2	Medidas mm
		Plano 4 de 18	

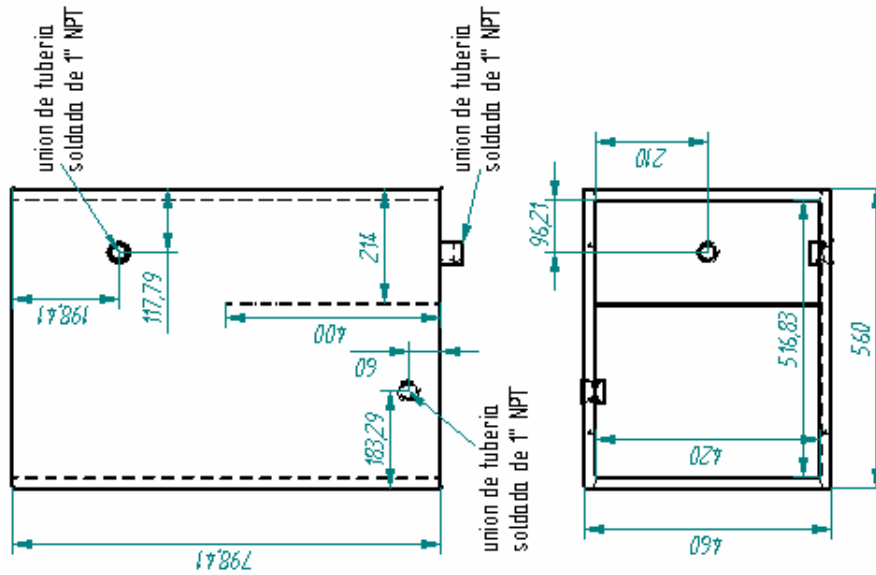
VISTA ISOMETRICA DE TANQUE ENSAMBLADO



TAPA TANQUE



CUERPO TANQUE



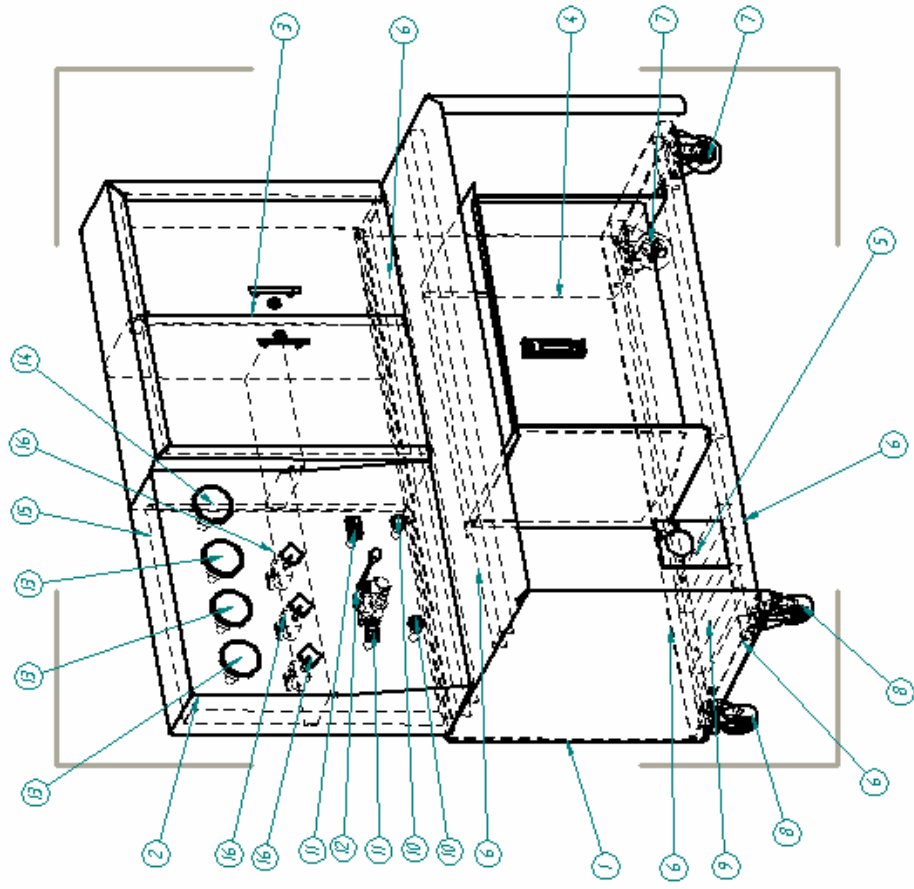
Nombre	Fecha
Dibujado Javier Gorzox	15-10-07
Revisado Mesfor Diaz	
Formato A-4	
Tanque para agua en la mina inoxidable cal 14	
SISTEMA HIDRAULICO	

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS

Escala 1 : 10 Medidas mm Plano 15 de 18

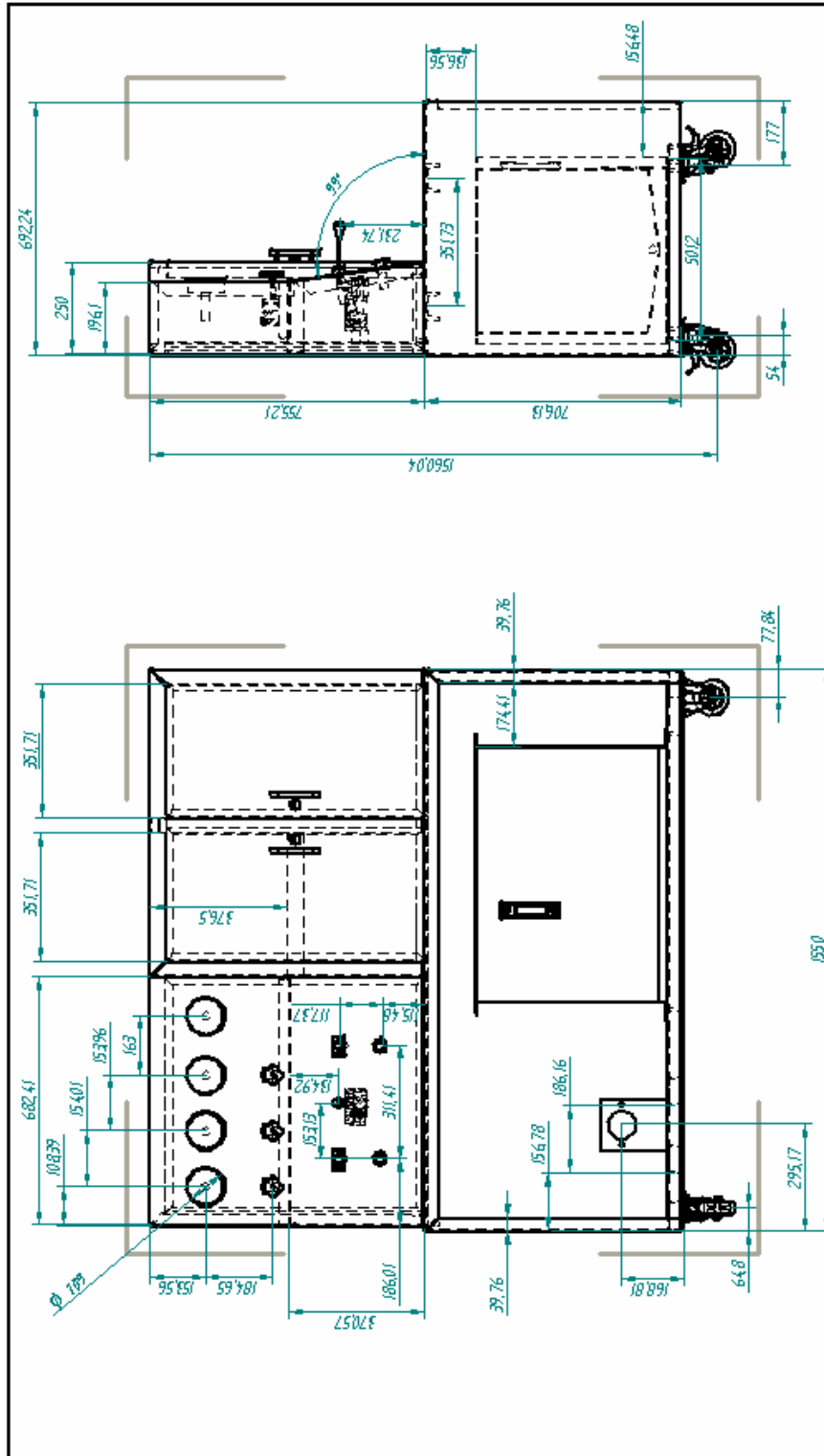
NUMERO DE ELEMENTO	ELEMENTO	CANTI-DAD	MATERIAL
1	Mesa de trabajo	1	Lamina alfafor C 1/8"
2	Tablero de control	1	Lamina con Rollad C 1/4
3	Seccion cajonera	1	Lamina con Rollad C 1/4
4	Tanque de aceite	1	Lamina HR C 1/8
5	Placa soporte bomba	1	Lamina HR C 3/8"
6	Laminas refuerzo mesa	6	Canal U 3"
7	Rueda fija	2	MA
8	Rueda de direccion	2	MA
9	Lamina piso mesa	1	Lamina alfafor C 1/8"
10	Boton electrico para de emergencia	2	MA
11	Botonera On Off	2	MA
12	Valvula direccional sistema oleohidraulico	1	MA
13	Manometro sistema oleohidraulico	3	MA
14	Manometro sistema hidraulico	1	MA
15	Tapa brastera sistema de control	1	Lamina DP C 1/4
16	Valvula reguladora de presion sistema oleohidraulico	3	MA



Nombre	Fecha
Orlando Javier Barzon	15-10-07
Revisado	Maestro D'ozoz
Formado	A. J.
Descripción	Disenyo de elementos Tablero de control
TABLERO DE CONTROL	
Escala	1:10
Medidas	mm
Plano	16 de 18

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMATEMATICAS
ESUELA DE INGENIERIA MECANICA

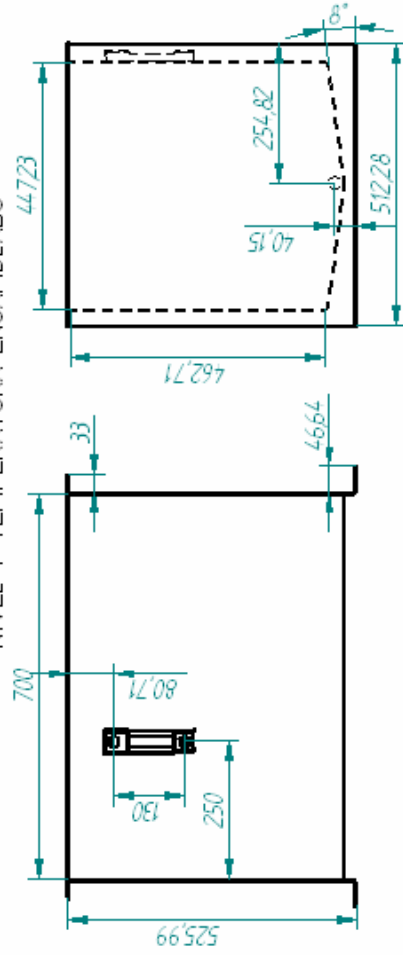
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS



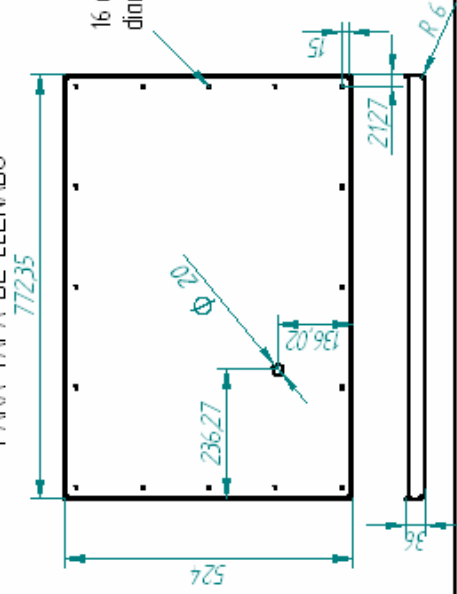
Nombre	Fecha
Javier Garzon	15-10-07
Revisado	Maestro D. Cruz
Formado A. J.	
Diseño y construcción de un banco de pruebas hidrostáticas para verificar fugas en accesorios de tubería en hierro gris.	
Escala: 1:10 Medidos mm Plano 17 de 18	

TABLEROS DE CONTROL

CUERPO DE TANQUE CON SENSOR DE NIVEL Y TEMPERATURA ENSAMBLADO

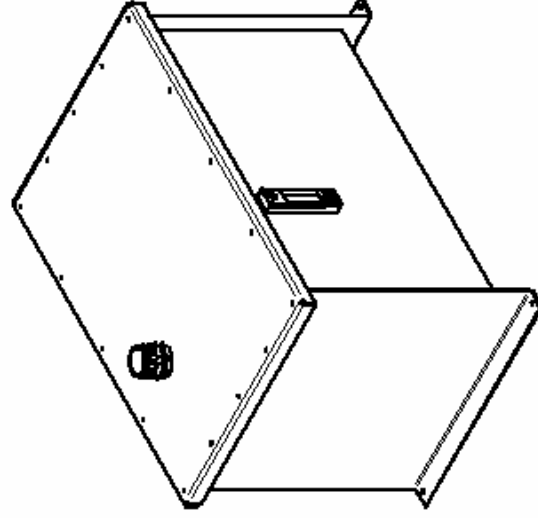


TAPA DE TANQUE CON AGUJERO PARA TAPA DE LLENADO



16 agujeros de diametro 6.35mm

VISTA ISOMETRICA DE TANQUE ENSAMBLADO



Nombre	Fecha
Dibujado Javier Garzon	15- 10 - 07
Revisado Nestor D'cruz	
Formato A 4	
Tanque para aceite en lamina HR 1/8"	
SISTEMA OLEOHIDRAULICO	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTATICAS PARA VERIFICAR FUGAS EN ACCESORIOS DE TUBERIA EN HIERRO GRIS	
Escala 1 : 10	Medidas mm
Plano 18 de 18	

ANEXO H

INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICO.

Documento entregado a la fábrica como

***INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO BANCO DE PRUEBAS
HIDROSTÁTICO 2-12 150-250***

*INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO BANCO DE PRUEBAS
HIDROSTÁTICO 2-12 150-250*



Version1.1

Documento Escrito y editado por Ing Mec Javier Garzón S

Mayo, 2008

CONTENIDO

INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICO 2-12 150-250

	PÁG.
1. OBJETIVOS	5
2. ALCANCE	5
3. RESPONSABLE DEL ENSAYO	5
4. RECOMENDACIONES GENERALES	6
5. EL TABLERO DE CONTROL	8
6. EL SISTEMA OLEOHIDRÁULICO	11
7. SISTEMA HIDRÁULICO	14
8. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO MANUAL	18
8.1 SISTEMA DE MANIVELA Y CORREDERA	18
8.2 CONJUNTO DE ABRAZADERA	19
9. PROCEDIMIENTO GENERAL	20
9.1.1 MONTAJE DE ACCESORIOS TIPO REDUCCIÓN	20
9.1.2 MONTAJE DE ACCESORIOS TIPO CODO A 11.25 GRADOS	22
9.1.3 MONTAJE DE ACCESORIOS TIPO CODO A 22.5 GRADOS	24
9.1.4 MONTAJE DE ACCESORIOS TIPO CODO A 45 GRADOS	27
9.1.5 MONTAJE DE ACCESORIOS TIPO CODO A 90 GRADOS	28
9.1.6 MONTAJE DE ACCESORIOS TIPO TEE	30
9.1.7 MONTAJE DE ACCESORIOS TIPO CRUZ	32
9.2 LLENADO Y PRESURIZACIÓN	33
9.2.1 LLENADO DE AGUA DEL ACCESORIO	33
9.2.2 PRESURIZACIÓN	33
PRUEBA DE FUGAS	34

9.4 DESPRESURIZACIÓN	34
MÉTODO DE CAÍDA DE PRESIÓN	34
MÉTODO DE INSPECCIÓN VISUAL	30

LISTA DE FIGURA

	PÁG.
Figura 01. Flecha indicadora del sentido de giro de la bomba oleohidráulica	6
Figura 02. Indicación de partes a chequear para la bomba hidráulica	7
Figura 03. Elementos constitutivos del tablero de control	9
Figura 04. Diagrama del circuito oleohidráulico	11
Figura 05. Principales partes constitutivas del sistema oleohidráulico	12
Figura 06. Principales elementos del sistema hidráulico	16
Figura 07. Diagrama del sistema hidráulico	16
Figura 08. Filtros en y del sistema hidráulico ubicados en la línea de retorno tanque	17
Figura 09. Elementos del sistema de posición manivela y corredera	18
Figura 10. Dispositivo de posicionamiento en sus dos posiciones extremas	19
Figura 11. Elementos para desplazamiento de los conjuntos actuadores	20
Figura 12. Esquema de montajes accesorios tipo reducción	21
Figura 13. Ejemplo de montaje correcto para accesorios tipo reducción	22
Figura 14. Esquema de montaje accesorios tipo codo 11.25	23
Figura 15. Ejemplo de montaje final para accesorios tipo codo 11.25 grados	24
Figura 16. Esquema de montaje accesorios tipo codo 22.5	25
Figura 17. Ejemplo de montaje final para accesorios tipo codo 22.5 grados	26
Figura 18. Montaje para accesorio tipo codo a 45grados	26
Figura 19. Esquema de montajes accesorios tipo codo 45	27

Figura 20. Ejemplo de montaje final para accesorios tipo codo 45 grados	28
Figura 21. Ejemplo de montaje para accesorio tipo codo a 90 grados	28
Figura 22. Esquema de montaje accesorio tipo codo 90 grados	30
Figura 23. Ejemplo de montaje final para accesorios tipo codo 90 grados	30
Figura 24. Esquema de montaje accesorios tipo Tee	31
Figura 25. Esquema de montajes accesorios tipo Cruz	32

LISTA DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 01. Tabla indicadora de presión versus fuerza en los cilindros	13
Tabla 02. Graduación de sistema Oleohidráulico y sistema hidráulico	15

INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICO

1. OBJETIVOS

- El presente documento busca dirigir lo concerniente a la correcta operación y uso del equipo banco de pruebas hidrostático.
- El Banco de Pruebas hidrostático busca la comprobación de la hermeticidad de los accesorios para tubería de agua en hierro gris en el rango de 2" a 12" bajo la norma ASTM E 1003-95 (Reaprobada 2000) Standard Test Method for Hydrostatic Leak Testing. Este Banco de pruebas es estacionario y cumple las siguientes características:
 - o Presiones de prueba de entre 150 - 250 psi para accesorios como codos, té s dobles, té s simples y reducciones. Según normas ICONTEC NTC 2346.
 - o Operación manual por parte del operario encargado.

2. ALCANCE

- El Banco de Pruebas hidrostático cuenta con la capacidad de realizar la comprobación de la hermeticidad de los accesorios para tubería de agua en hierro gris en el rango de 2" a 12" bajo la norma ASTM E 1003-95 (Reaprobada 2000) Standard Test Method for Hydrostatic Leak Testing.
- El banco de pruebas hidrostático está limitado a los montajes que acá se describen con los valores de presión descritos en el numeral 9 de PROCEDIMIENTO GENERAL.

3. RESPONSABLE DEL ENSAYO

El responsable del ensayo debe contar con una capacitación concerniente al manejo del banco de pruebas y al estudio y entendimiento del presente

documento con una certificación de capacitación y manejo del equipo de la cual se mantendrá constancia en el sistema de gestión de la calidad de la empresa.

4. RECOMENDACIONES GENERALES.

- El operario que maneje el equipo debe estar capacitado para operar este banco de pruebas y reconoce que ha leído y comprendido todos los elementos descritos en este instructivo de operación y mantenimiento.
- El banco de pruebas se encuentra calibrado y probado con el aceite hidráulico adecuado que corresponde a ISO 68, el nivel correcto es el indicado en el sensor de nivel del tanque y la temperatura máxima de operación de este no debe ser superior a 45 C.
- El nivel requerido por el tanque de agua debe ser de aproximadamente 5 cm por debajo del tubo de retorno a tanque.
- La tensión eléctrica establecida para el banco de pruebas es de 220V con conexión trifásica, antes de la operación del equipo el operario debe cerciorarse que todas las condiciones eléctricas se encuentran establecidas de esta forma.
- Asegúrese que todos los mandos eléctricos de encendido, apagado y parada de emergencia funcionan correctamente.
- El sentido de giro para la bomba de aceite debe ser verificado antes del uso del equipo y se encuentra indicado en el costado de la bomba. Ver figura 01.



Figura 01. Flecha indicadora del sentido de giro de la bomba oleohidráulica

- El sentido de giro para la bomba de agua se ha seleccionado como sentido antihorario.
- La lubricación de la bomba de agua debe realizar con grasa en la parte superior de cada pistón como se indica en la figura 02 y con aceite SAE 20w50 para la sección del cigüeñal hasta el nivel indicado por la bomba. Ver figura 02.

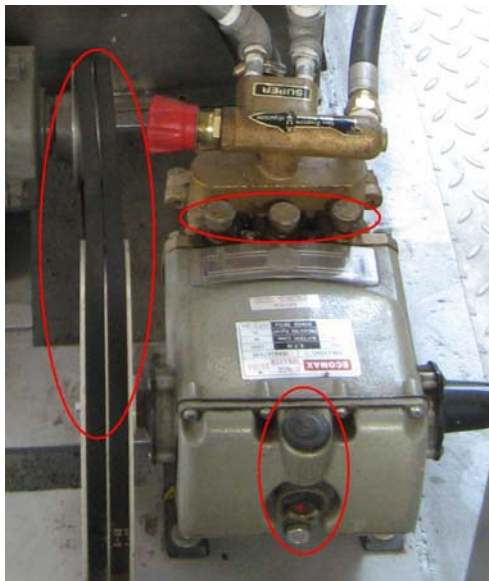


Figura 02. Indicación de partes a chequear para la bomba hidráulica

- Verifique la tensión en la correa de transmisión entre la bomba de agua y el motor eléctrico. Ver figura 02
- Mantenga libre de humedad los circuitos eléctricos y motores del banco de pruebas.
- Realice la limpieza del equipo cada vez que inicie y termine la jornada de trabajo especialmente a los vástagos de los actuadores hidráulicos con un paño de algodón limpio y sin ningún abrasivo, seque y petrolice los aros para evitar la corrosión, durante la petrolizada cheque los aros en busca de posibles grietas o fisuras en soldaduras o superficie de los aros, seque el equipo luego de cada jornada de pruebas.
- Mantenga lubricados los tornillos de potencia y la varilla roscada de posicionamiento manual del equipo.
- Para la operación del equipo y la realización de pruebas deben emplearse todos los elementos de seguridad y dispositivos acá mencionados.
- La presurización y despresurización de los accesorios a probar debe hacerse de forma lenta y progresiva
- La aplicación de la fuerza por parte de los actuadores hidráulicos debe realizarse en forma lenta y asegurándose que los actuadores están correctamente alineados y el accesorio a probar se encuentra correctamente centrado en los tapones.
- El operario debe estar siempre alerta para verificar que la aplicación de fuerza es siempre segura y que el accesorio no presentara fallas por grietas o aplastamiento.

5. EL TABLERO DE CONTROL

El tablero de control se encuentra diseñado bajo consideraciones ergonómicas de visibilidad y fácil accesibilidad de todos los elementos, el operario no debe intentar maniobrar los dispositivos manualmente y operar el tablero de control al mismo tiempo, si esto es necesario debe acompañarse por otro operario.

El tablero de control contiene todos los elementos necesarios para operar el sistema hidráulico y oleohidráulico del banco de pruebas.



Figura 03. Elementos constitutivos del tablero de control.

Elementos presentes en el tablero de control. Ver figura 03

1. Manómetro de lectura de presión de taraje para válvula de seguridad del sistema oleohidráulico.
2. Manómetro de lectura de presión de taraje para válvula de secuencia 1 del sistema oleohidráulico.
3. Manómetro de lectura de presión de taraje para válvula de secuencia 2 del sistema oleohidráulico.
4. Manómetro de lectura del sistema hidráulico para presión de prueba de accesorios.
5. Perilla para graduación de la presión de taraje de la válvula de seguridad del sistema oleohidráulico.
6. Perilla para graduación de la presión de taraje de la válvula de secuencia 1.
7. Perilla para graduación de la presión de taraje de la válvula de secuencia 2.
8. Válvula para venteo de emergencia y graduación final de la presión hidráulica de prueba de los accesorios.
9. Botón de encendido sin enclavamiento para el sistema oleohidráulico
10. Luz indicadora de funcionamiento de sistema oleohidráulico.
11. Botón de apagado sin enclavamiento para el sistema oleohidráulico.
12. Botón de encendido sin enclavamiento para el sistema hidráulico.
13. Luz indicadora de funcionamiento de sistema hidráulico.
14. Botón de apagado sin enclavamiento para el sistema hidráulico.
15. Cronometro para medición del tiempo de la prueba.
16. Botón de parada de emergencia con enclavamiento para sistema oleohidráulico.
17. Válvula selectora para el sentido de movimiento de los actuadores oleohidráulicos.

18. Botón de parada de emergencia con enclavamiento para sistema hidráulico.

6. EL SISTEMA OLEOHIDRÁULICO.

El sistema oleohidráulico es el encargado de entregar la fuerza de taponamiento de los accesorios, de su correcta operación depende el sellado final de los tapones y los accesorios, una manipulación indebida de esta puede ocasionar un accidente o la destrucción de algunos elementos del banco de pruebas.

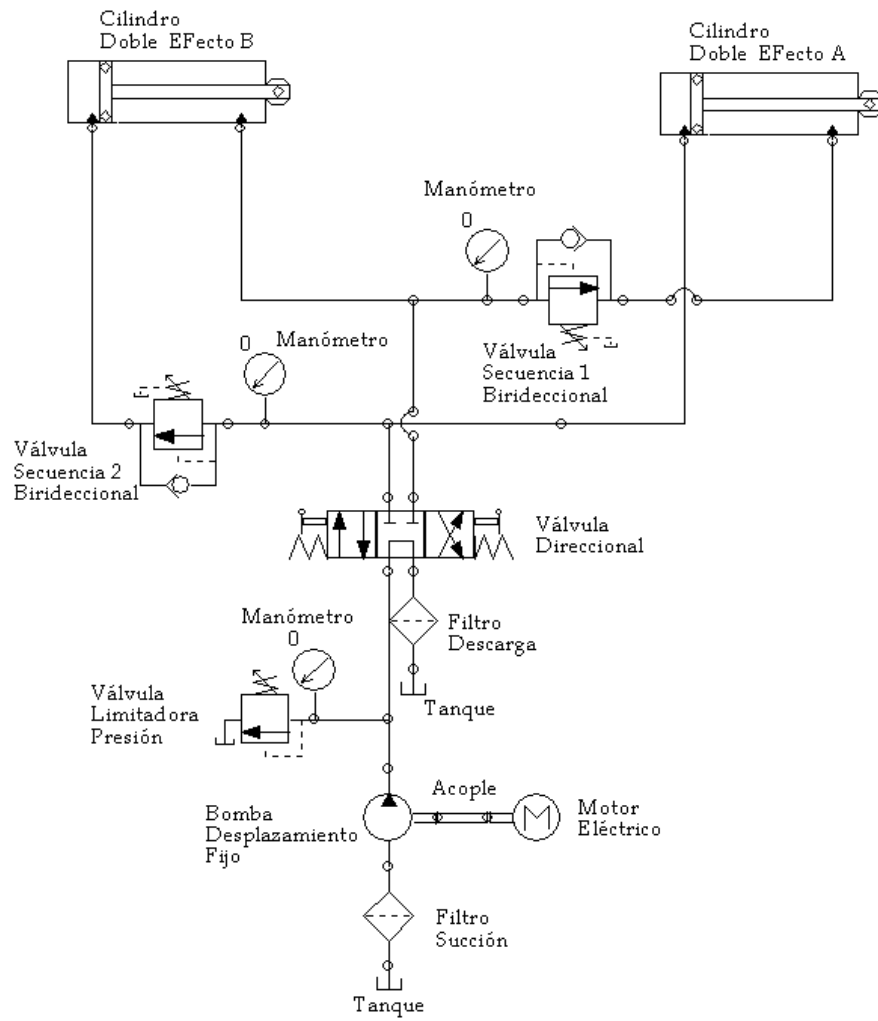


Figura 04. Diagrama del circuito oleohidráulico



Figura05 principales partes constitutivas del sistema oleohidráulico.

La presión de taraje del sistema oleohidráulico se traduce en fuerza aplicada en los actuadores oleohidráulicos y no debe exceder del valor presentado en la tabla de taraje del sistema oleohidráulico.

Para realizar la graduación del taraje del equipo debe graduarse la perilla No 5 hacia la derecha si se quiere aumentar la presión o a la izquierda en caso de disminuirse, la operación de esta se visualiza en el manómetro No1.

La graduación de esta debe realizarse con los cilindros sin ningún tipo de carga y asegurándose que durante el recorrido estos no se chocaran.

PRESIÓN DE TARAJE SISTEMA OLEOHIDRÁULICO	FUERZA LBF	FUERZA EN KGF
500	4810	2181.779915
600	5772	2618.135898
700	6734	3054.491881
800	7696	3490.847864
900	8658	3927.203847
1000	9620	4363.55983
1100	10582	4799.915813
1200	11544	5236.271796
1300	12506	5672.627779
1400	13468	6108.983762
1500	14430	6545.339745
1600	15392	6981.695728

Tabla 01. Tabla indicadora de presión versus fuerza en los cilindros

Por ningún motivo debe trabajarse con la válvula de seguridad tarada a mas de 1600 PSI ya que esto pone en riesgo la estabilidad estructural de los aros.

Los cilindros se encuentran designados como cilindro A y cilindro B, estos son de doble efecto lo que significa que tienen capacidad de realizar trabajo en las dos direcciones.

Para obtener diferentes secuencias de trabajo por parte de los cilindros deben operarse las válvulas de secuencia 1 y 2 por medio de las perillas de graduación 6 y 7.

Secuencia tipo 1. Para la secuencia A+, A- con B inmóvil requerido en montajes de reducciones y codos ajustar la perilla 7 de la válvula de secuencia 2 hacia la derecha hasta el taraje máximo de esta y la perilla 6 de la válvula de secuencia 1 hacia la izquierda hasta el taraje mínimo de esta.

Secuencia tipo 2. Para la secuencia A+, B+, B-, A- requerida en los montajes para accesorios como tees debe graduarse la válvula de secuencia 2 por medio de la perilla 7 para una presión de apertura que se desee y la válvula de secuencia 1 por medio de la perilla 6 puede mantenerse en su taraje mínimo para que su control sea por medio de la válvula de seguridad del sistema.

7. SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico y sus componentes es el encargado de suministrar el agua y elevar la presión dentro del accesorio a probar. El elemento más importante de este sistema es la bomba hidráulica de pistones la cual tiene capacidad de elevar presiones hasta de 500 PSI según el fabricante, la presión entregada por esta es controlada por la válvula reguladora de presión y para mantener las mangueras sin condiciones que superen su capacidad no deben superarse presiones de 250PSI por parte de la bomba. La presión de prueba en los accesorios genera un fuerza de reacción sobre los tapones que se contrarresta por medio del sistema oleohidráulico, esta fuerza de reacción es función del diámetro nominal del accesorio y su área, por lo que el taraje de la válvula de seguridad del sistema oleohidráulico depende de la presión de prueba hidráulica del accesorio y

de su diámetro nominal, a continuación se presenta la Tabla 02 que indica las presiones de prueba y los tarajes del sistema oleohidráulico para cada prueba.

ACCESORIOS	PRESIÓN DE PRUEBA HIDRÁULICA PSI	FUERZA SISTEMA HIDRÁULICO N	PRESIÓN SISTEMA OLEOHIDRÁULICO PSI	FUERZA SISTEMA OLEOHIDRÁULICO N	FUERZA DE REACCIÓN CODOS
codo 90 grado 12"	70	32320	800	34170	48316
codo 90 grados 10"	100	32504	800	34170	48316
codo 90 grados 8"	150	30570	800	34170	48316
codo 90 grados 6"-4"-3"-2"	225	25971	800	34170	48316
codo 45 grados 12"	60	27002	640	27636	19585
codo 45 grados 10"	80	26003	640	27636	19585
codo 45 grados 8"	135	27513	640	27636	19585
codo 45 grados 6"-4"-3"-2"	225	25971	640	27636	19585
codo 22 grados 12"	60	27002	640	27636	10626
codo 22 grados 10"	80	26003	640	27636	10626
codo 22 grados 8"	135	27513	640	27636	10626
codo 22 grados 6"-4"-3"-2"	225	25971	640	27636	10626
codo 11 grados 12"	60	27702	640	27636	5426
codos 11 grados 10"	80	26003	640	27636	5426
codos 11 grados 8"	135	27513	640	27636	5426
codo 11 grados 6"-4"-3"-2"	225	25971	640	27636	5088
reducciones 12	90	41554	1000	42712	NA
reducciones 10	140	45506	1000	42712	NA
reducciones 8"	200	40760	1000	42712	NA

reducciones 6"-4"-3"	225	25971	1000	42712	NA
cruz y tee 12"	140	55405	1600	68340	NA
cruz y tee 10"	200	64640	1600	68340	NA
cruz y tee 8"-6"-4"-3"-2"	225	45855	1600	68340	NA

Tabla 02. Graduación de sistema Oleohidráulico y sistema hidráulico



Figura 06. Principales elementos del sistema hidráulico

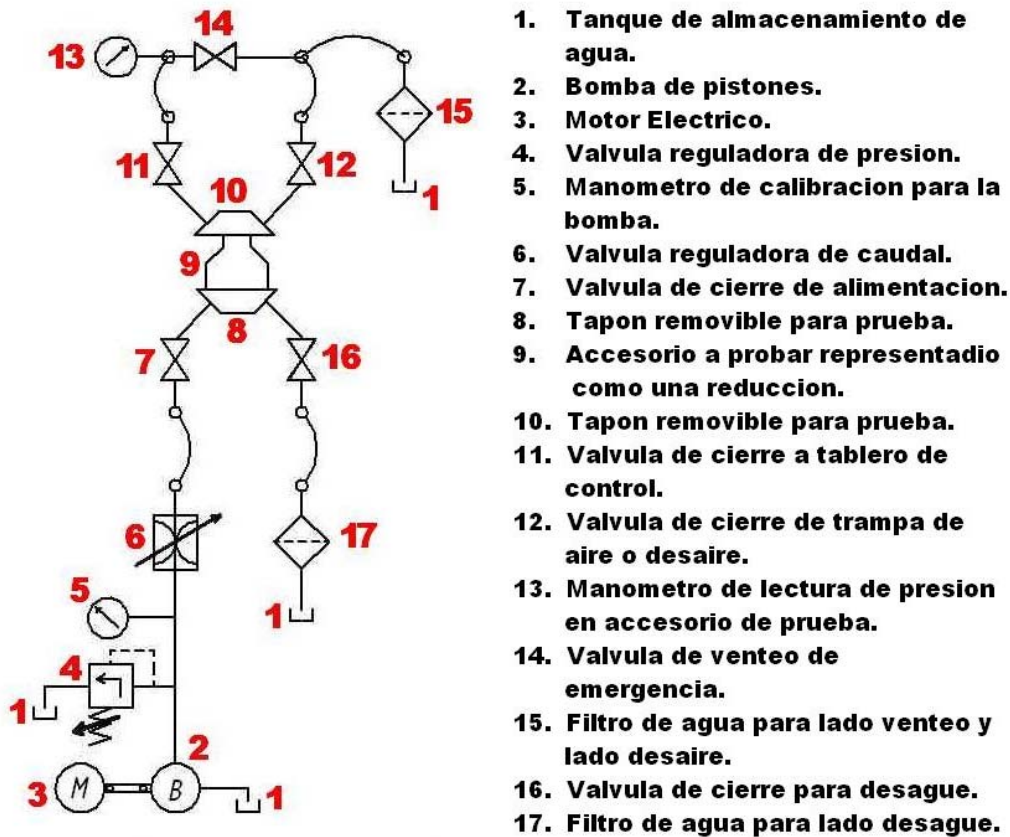


Figura 07. Diagrama del sistema hidráulico

Para la graduación de la presión del sistema hidráulico debe ponerse en marcha el sistema hidráulico desde el tablero y cerrare completamente la válvula reguladora de caudal (válvula 6 en el diagrama), luego debe graduarse la presión desde la válvula reguladora de presión o válvula 4, esta operación debe hacerse de forma lenta y progresiva y esperar a que se estabilice la presión que puede leerse en el manómetro 5, un tiempo suficiente para estabilizar la presión es de 3 minutos, no debe bajarse la presión a menos de 120 PSI ya que este es el taraje mínimo de la válvula reguladora de presión.

Debe realizarse una limpieza de los filtros del sistema hidráulico cada vez que sea posible, para esto se instalaron 2 filtros en Y con sus respectivas válvulas de desfogue en las líneas de retorno a tanque.



Figura 08. Filtros en y del sistema hidráulico ubicados en la línea de retorno a tanque

La calibración de los manómetros considerados como críticos se decir los del sistema hidráulico debe realizase conforme a las exigencias metrológicas de la Superintendencia de industria y comercio SIC y al programa metrológico del sistema de gestión de la calidad de la empresa.

8. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO MANUAL

Sistema de manivela y corredera

Este sistema fue implementado para cumplir con el principio de ubicar siempre la salida de aire en el punto más alto del montaje, este dispositivo solamente requiere ser usado para la prueba de accesorios como codos en todas sus geometrías y tamaños.

La posición de este con respecto al piso está basada en obtener la mejor utilización de palanca por parte del brazo del operador por lo que se

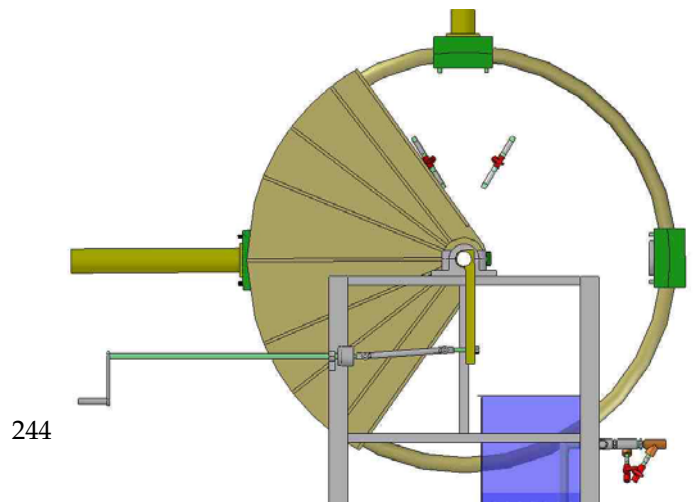
recomienda ubicarse de forma paralela a la manivela para facilitar el trabajo.

El tornillo de desplazamiento es de rosca derecha por lo que al girarlo en sentido antihorario provoca el giro horario del montaje hecho en los aros y al girarlo en sentido horario se regresa a la posición inicial.

El desplazamiento máximo del sistema es de 90 grados en sentido horario y de regreso a partir de una posición completamente vertical del actuador marcado como tornillo 1, debe evitarse exceder estos desplazamientos o tratar de girar los aros por un medio distinto al desplazamiento del tornillo ya que se puede ocasionar la deformación permanente del tornillo o la rotura de la tuerca y por tanto la inutilización del dispositivo.



Figura 09. Elementos del sistema de posición manivela y corredera



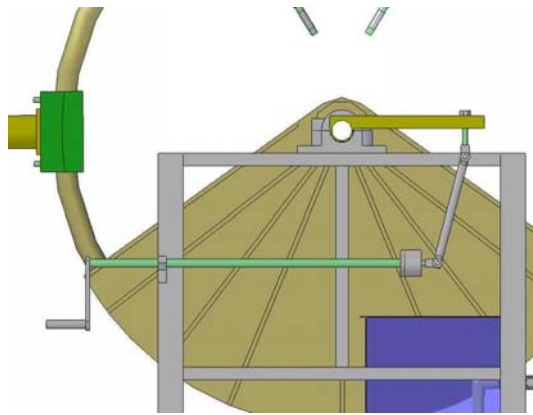


Figura 10. Dispositivo de posicionamiento en sus dos posiciones extremas

8.2 Conjunto de abrazaderas

El otro elemento de posicionamiento manual corresponde al conjunto abrazadera que sostiene los actuadores a los aros y que permite el desplazamiento de estos a través de los aros. La manipulación de estos debe hacerse cada vez que se cambie el montaje para un accesorio de diferente geometría, como por ejemplo pasar de un codo de 45 grados a un accesorio tipo reducción.

Para desplazar estas piezas sujete primero con ayuda de la diferencial y la grúa pórtico las abrazaderas desde el tornillo cáncamo roscado en la parte superior de las abrazaderas, luego proceda a soltar una abrazadera de la otra girando las manijas (las manijas no deben soltarse del todo pues se puede generar un accidente al desprenderse el montaje de las abrazaderas), tan pronto las cuatro manijas estén flojas las abrazaderas se despegarán de los tubos y con ayuda de la diferencial se podrá desplazar el montaje de los actuadores a través de los aros, asegurar las cuatro manijas firmemente una vez se haya llegado a la posición de trabajo en que se necesita el actuador y soltar la diferencial del cáncamo.

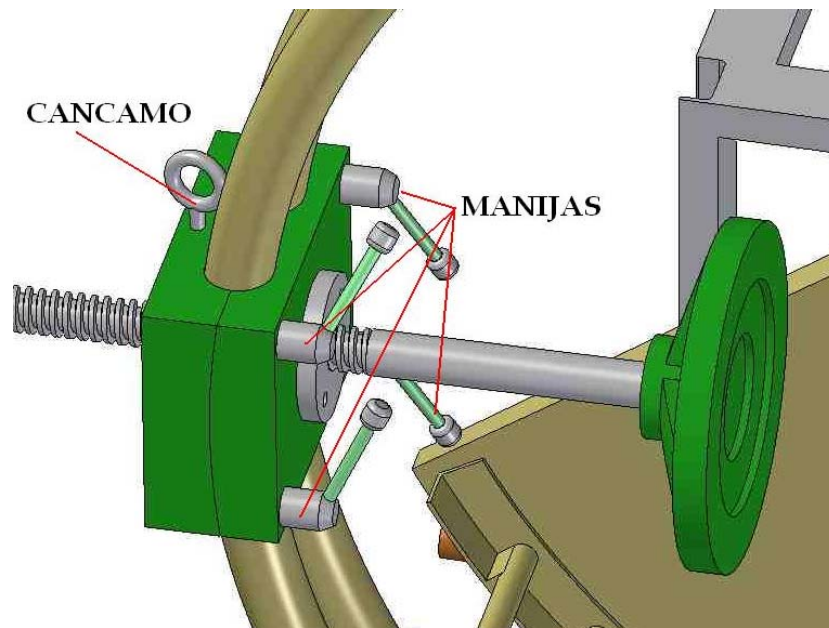


Figura 11. Elementos para desplazamiento de los conjuntos actuadores.

9. PROCEDIMIENTO GENERAL

Montaje

Selle todas las entradas del accesorio usando los actuadores hidráulicos, los tornillos de potencia y los tapones.

La entrada del fluido de la prueba debe ser ubicada sobre el punto más bajo del accesorio y la salida de aire debe ubicarse en el punto más alto de este.

Verifique Que las superficies de contacto del accesorio con los empaques se encuentra completamente planas y refrentadas, además verifique que no hay filos en la punta del espigo del accesorio que puedan cortar los empaques de sello.

9.1.1 Montaje de accesorios tipo reducción.

Realice el montaje según la figura 12 y 13 y siguiendo las siguientes recomendaciones.

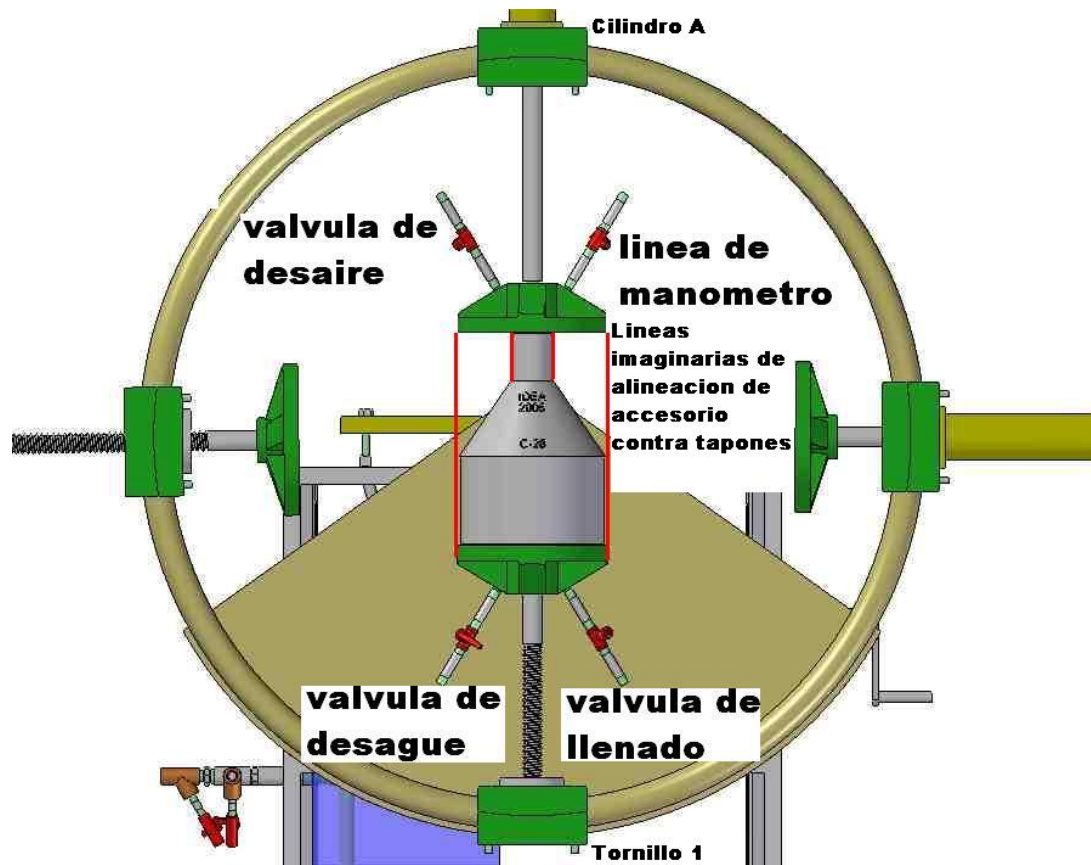


Figura 12. Esquema de montajes accesorios tipo reducción.

- a) En este tipo de montajes para accesorios como reducciones solo se requieren los actuadores denominados como Tornillo 1 y cilindro A.
- b) Verifique que los actuadores están alineados, es decir que realicen la fuerza en un mismo eje imaginario.
- c) Mida la altura del accesorio tipo reducción a probar y asegúrese que el recorrido del vástago del cilindro A es suficiente para montar el accesorio y sellarlo.
- d) Para desplazar linealmente el Tornillo 1 suelte primero las mangueras de las válvulas de llenado y desague por medio de las conexiones tipo acople rápido.

- e) Para graduar la fuerza del sistema oleohidráulico y su secuencia proceda como en el numeral 6 y la tabla 02.
- f) Antes de montar el accesorio ajuste manualmente los empaques de caucho sobre cada tapón.
- g) Verifique que el accesorio se encuentra centrado con respecto a los tapones, los tapones cuentan con marcas concéntricas de profundidad que le ayudan a centrar el accesorio en estos.
- h) Baje el actuador del cilindro A con la palanca 17 del tablero de control hasta tocar el accesorio con el empaque del tapón.
- i) Revise que el accesorio se encuentra alineado con los tapones y que el empaque sella completamente las entradas y salidas del accesorio.
- j) Aplique fuerza con el cilindro A sobre el accesorio.



Figura 13. Ejemplo de montaje correcto para accesorios tipo reducción
9.1.2 Montaje de accesorios tipo codo a 11.25 grados.

Realice el montaje según la figura 14 y figura 15 y siguiendo las siguientes recomendaciones.

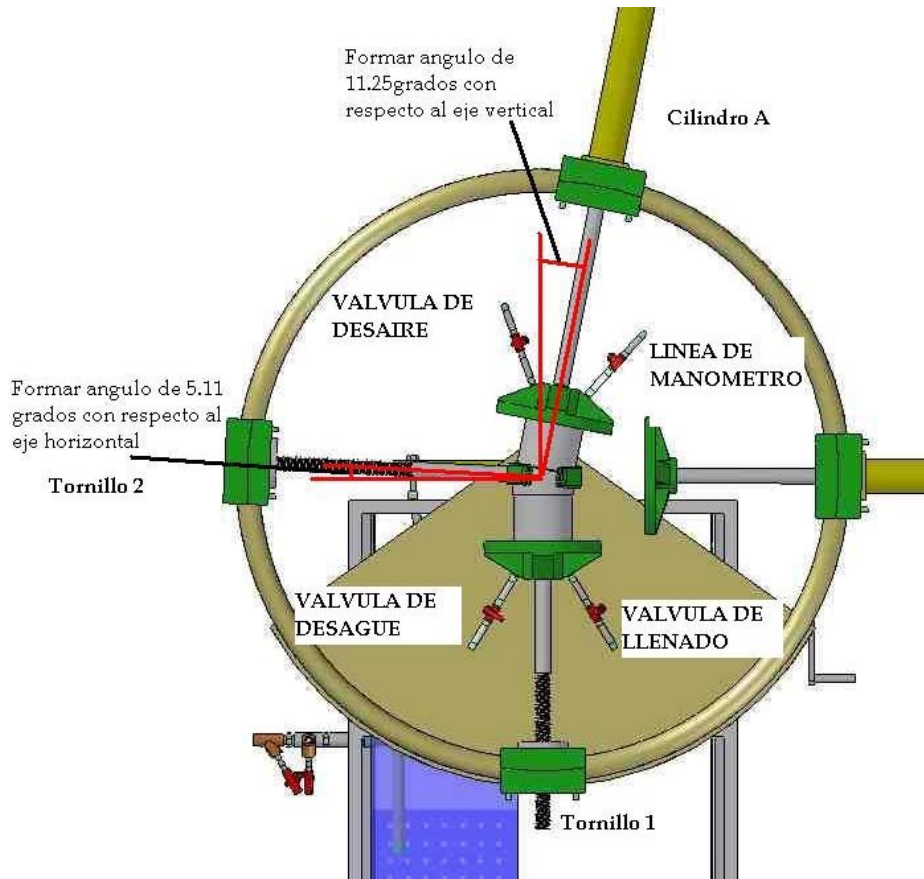


Figura 14. Esquema de montajes accesorios tipo codo 11.25

- a) En este tipo de montajes para accesorios como reducciones solo se requieren los actuadores denominados como Tornillo 1, Tornillo 2 y cilindro A.
- b) Verifique que los actuadores están alineados, es decir que realicen la fuerza a través del accesorio por los ejes imaginarios que muestra la figura 14 en rojo. Para desplazar los elementos tipo abrazadera ayúdese con dispositivos como tornillos cáncamos, diferencial de mínimo 1Ton y grúa de pórtico como se describe en el numeral 8.2.

- c) Mida la altura del accesorio tipo codo y ubíquelo en el centro de los aros a probar y asegúrese que el recorrido del vástago del cilindro A es suficiente para montar el accesorio y sellarlo.
- d) Proceda igual que en el numeral 9.1.1 líneas d,
- e) Asegure el accesorio roscando el dispositivo tipo galápago en la rosca triangular del tornillo 2, use ambas partes del galápago para dar mayor seguridad al montaje.
- f) Proceda igual que en el numeral 9.1.1 líneas e, f, g, h, i, j.
- g) Gire el montaje completo por medio de la manivela del posicionador manual como se describe en el numeral 8.2 hasta asegurarse que el tapón de la válvula de desaire está en posición horizontal como muestra la figura11.

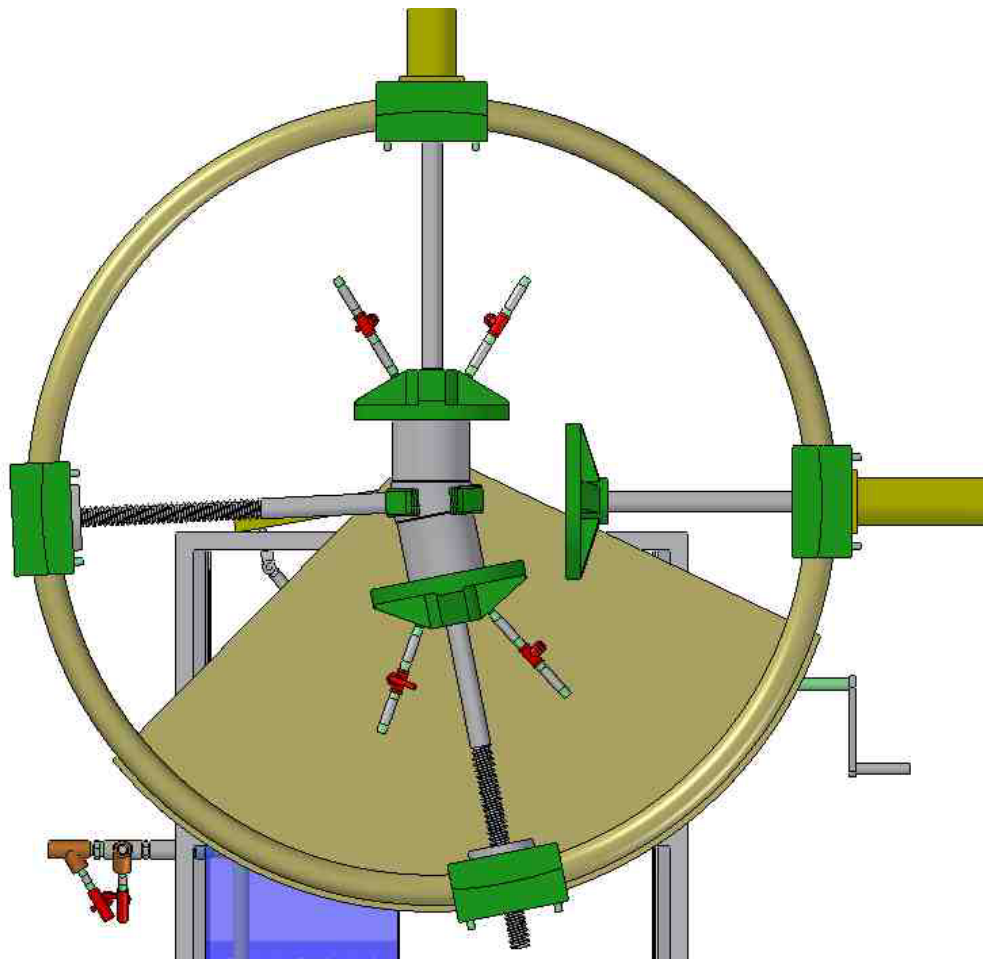


Figura 15. Ejemplo de montaje final para accesorios tipo codo 11.25 grados

9.1.3 Montaje de accesorios tipo codo a 22.5 grados.

Realice el montaje según la figura 16 y figura 17 y siguiendo las siguientes recomendaciones.

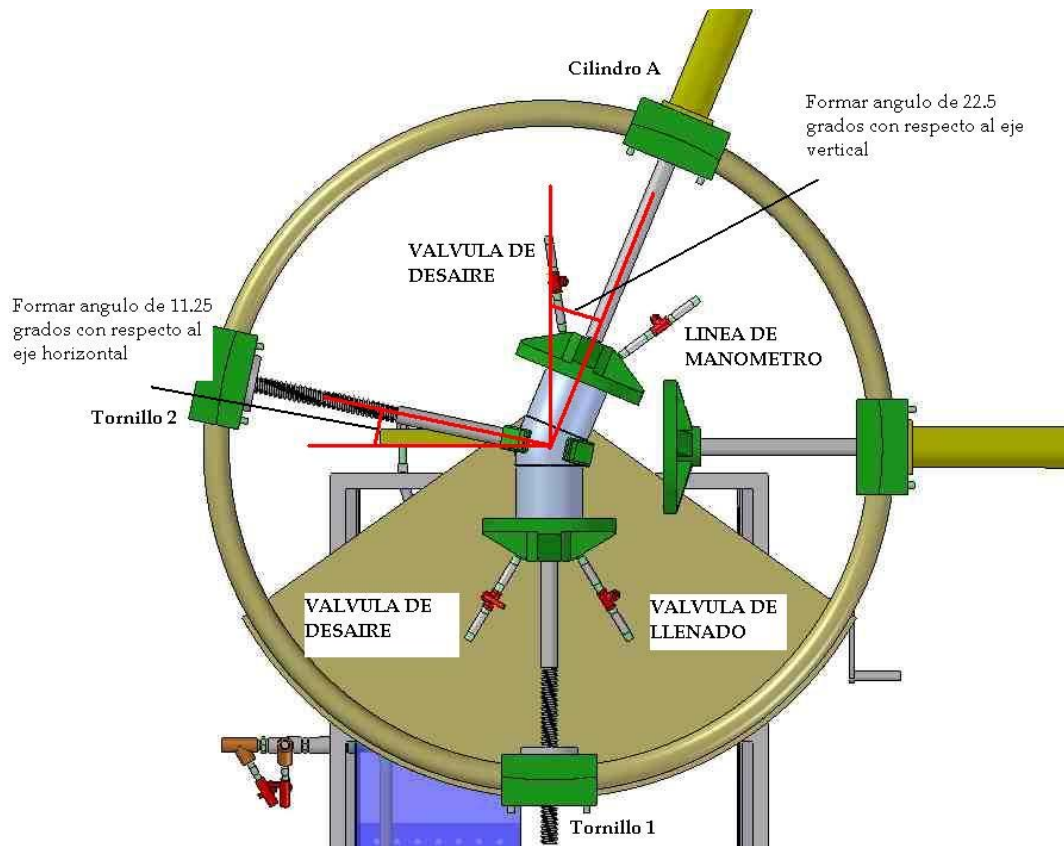


Figura 16. Esquema de montajes accesorios tipo codo 22.5

- a) En este tipo de montajes para accesorios como codo a 22.5 solo se requieren los actuadores denominados como Tornillo 1, Tornillo 2 y cilindro A.
- b) Verifique que los actuadores están alineados, es decir que realizaran la fuerza a través del accesorio por los ejes imaginarios que muestra la figura 16 en rojo. Para desplazar los elementos tipo abrazadera ayúdese con dispositivos como tornillos cáncamos, diferencial de minino 1Ton y grúa de pórtico como se indica en el numeral 8.

- c) Mida la altura del accesorio tipo codo y ubíquelo en el centro de los aros a probar y asegúrese que el recorrido del vástago del cilindro A es suficiente para montar el accesorio y sellarlo.
- d) Proceda igual que en el numeral 9.1.2 líneas d, e, f, g



Figura 17. Ejemplo de montaje final para accesorios tipo codo 22.5 grados

9.1.4 Montaje de accesorios tipo codo a 45 grados.



Figura 18. Montaje para accesorio tipo codo a 45grados

Realice el montaje según la figura 19 y figura 20 y siguiendo las siguientes recomendaciones.

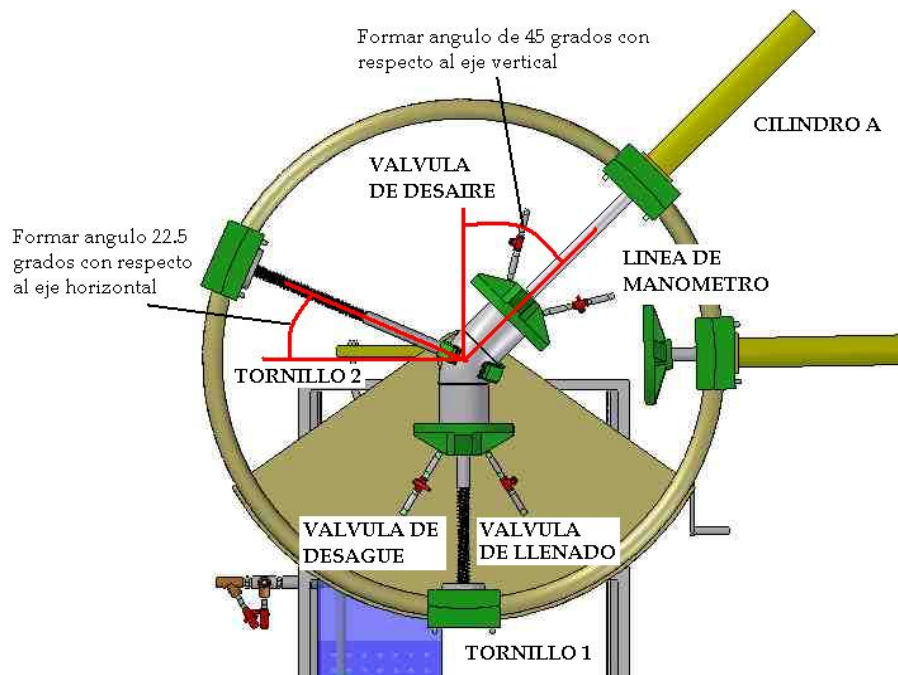


Figura 19. Esquema de montajes accesorios tipo codo 45

- a) En este tipo de montajes para accesorios como codo a 45 grados solo se requieren los actuadores denominados como Tornillo 1, Tornillo 2 y cilindro A.
- b) Verifique que los actuadores están alineados, es decir que realicen la fuerza a través del accesorio por los ejes imaginarios que muestra la figura 19 en rojo. Para desplazar los elementos tipo abrazadera ayúdese con dispositivos como tornillos cancamos, diferencial de mínimo 1Ton y grúa de pórtico como se indica en el numeral 8.
- c) Verifique que los actuadores están alineados, es decir que realicen la fuerza a través del accesorio por los ejes imaginarios que muestra la figura 19 en rojo.
- d) Mida la altura del accesorio tipo codo y ubíquelo en el centro de los aros a probar y asegúrese que el recorrido del vástago del cilindro A es suficiente para montar el accesorio y sellarlo.
- e) Proceda igual que en el numeral 9.1.2 líneas d, e, f, g

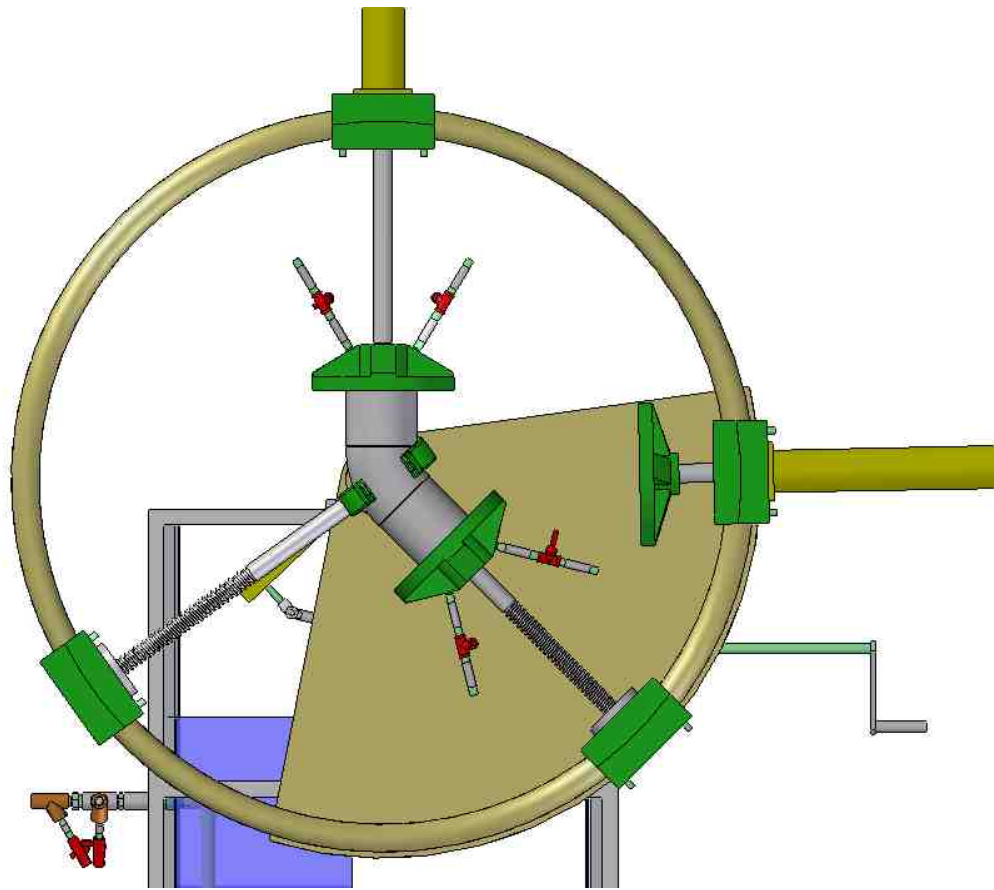


Figura 20. Ejemplo de montaje final para accesorios tipo codo 45 grados

9.1.5 Montaje de accesorios tipo codo a 90 grados.



Figura 21. Ejemplo de montaje para accesorio tipo codo a 90 grados

Realice el montaje según la figura 22 y figura 23 y siguiendo las siguientes recomendaciones.

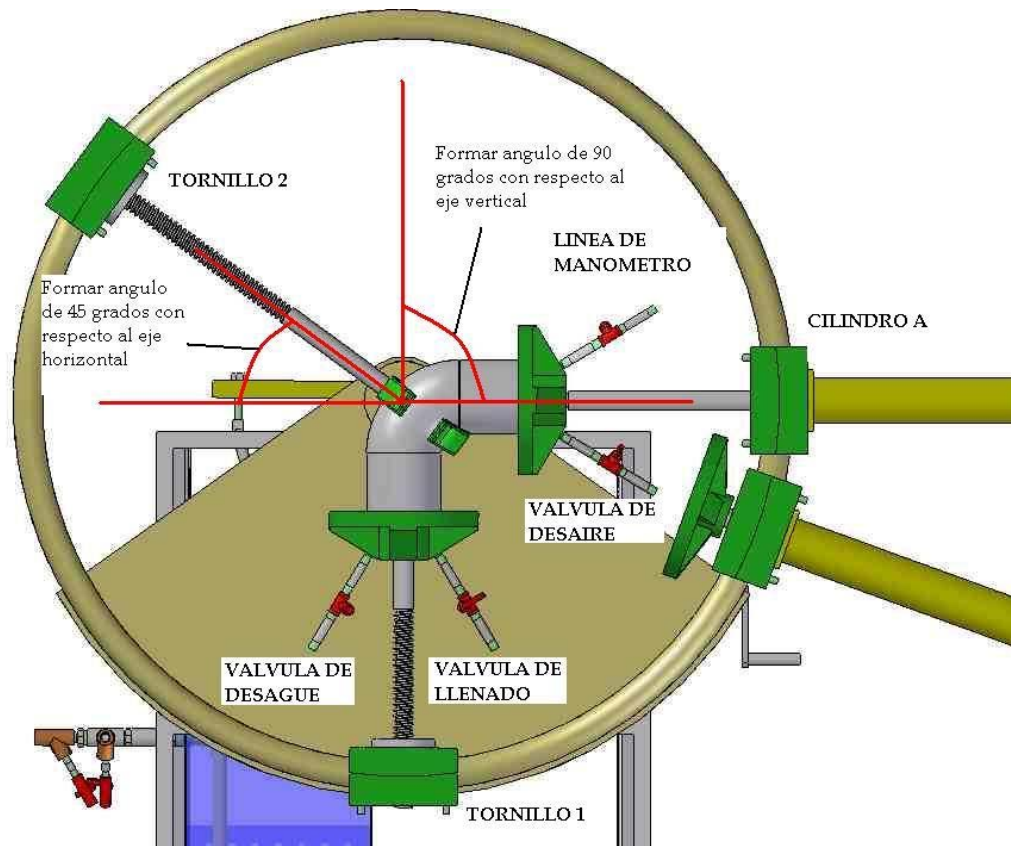


Figura 22. Esquema de montaje accesorio tipo codo 90 grados

- a) En este tipo de montajes para accesorios como codo a 90 grados solo se requieren los actuadores denominados como Tornillo 1, Tornillo 2 y cilindro A.
- b) Verifique que los actuadores están alineados, es decir que realizaran la fuerza a través del accesorio por los ejes imaginarios que muestra la figura 22 en rojo. Para desplazar los elementos tipo abrazadera ayúdese con dispositivos como tornillos cancamos, diferencial de mínimo 1Ton y grúa de pórtico como se indica en el numeral 8.

- c) Verifique que los actuadores están alineados, es decir que realizaran la fuerza a través del accesorio por los ejes imaginarios que muestra la figura 22 en rojo.
- d) Mida la altura del accesorio tipo codo y ubíquelo en el centro de los aros a probar y asegúrese que el recorrido del vástago del cilindro A es suficiente para montar el accesorio y sellarlo.
- e) Proceda igual que en el numeral 9.1.2 líneas d, e, f, g

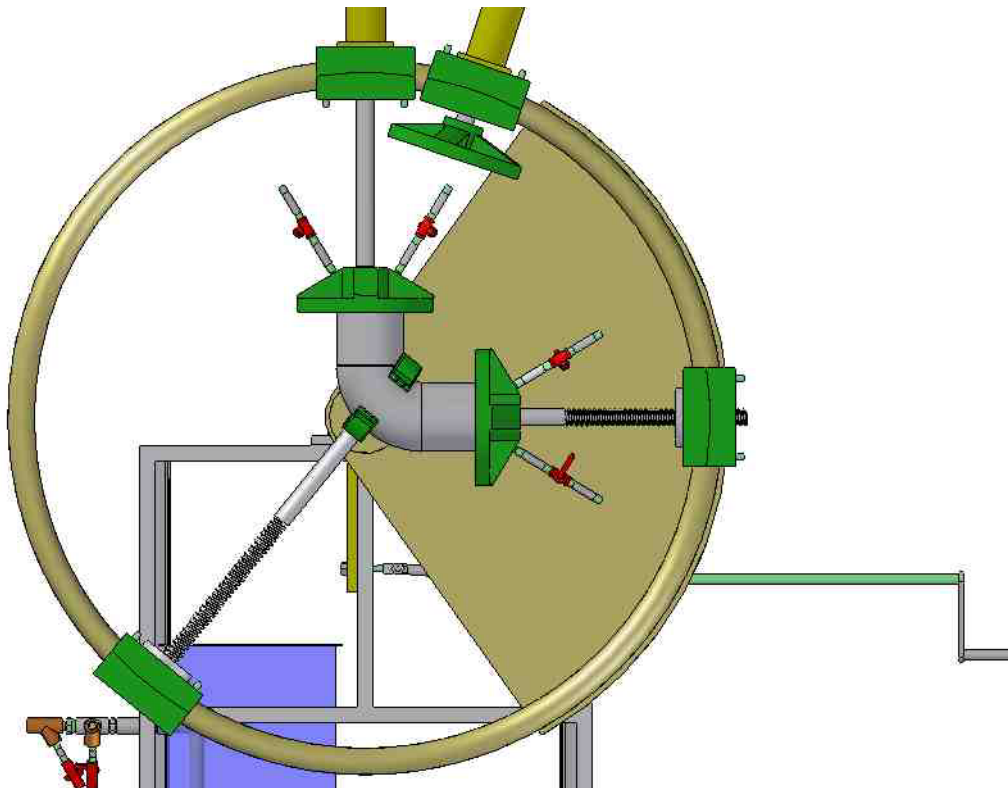


Figura 23. Ejemplo de montaje final para accesorios tipo codo 90 grados

9.1.6 Montaje de accesorios tipo Tee

Realice el montaje según la figura 24 y figura 25 y siguiendo las siguientes recomendaciones.

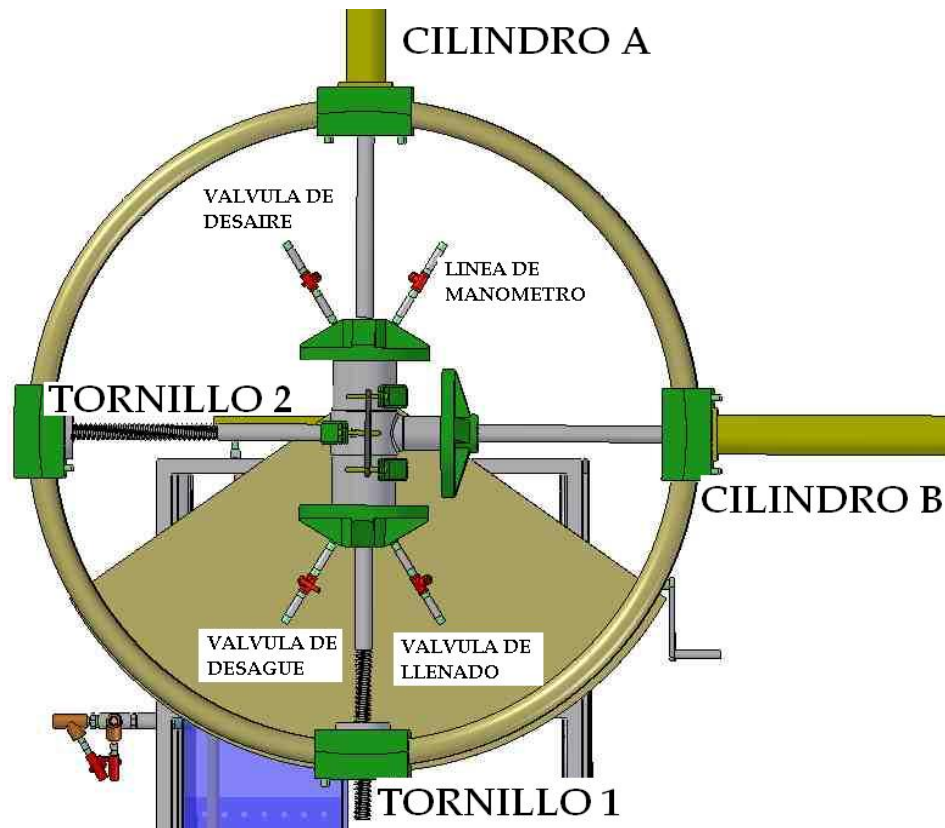


Figura 24. Esquema de montajes accesorios tipo Tee

- a) En este tipo de montajes para accesorios como Tee se requieren los 4 actuadores denominados como Tornillo 1, Tornillo 2, cilindro A y cilindro B
- b) Verifique que los actuadores están alineados, es decir que realizaran la fuerza en un mismo eje imaginario.
- c) Mida la altura del accesorio a probar y asegúrese que el recorrido del vástago del cilindro A y del cilindro B es suficiente para montar el accesorio y sellarlo.
- d) Para desplazar linealmente el Tornillo 1 suelte primero las mangueras de las válvulas de llenado y desagüe por medio de las conexiones tipo acople rápido.
- e) Para graduar la fuerza del sistema oleohidráulico y su secuencia proceda como en el numeral 6 y la tabla 02.

- f) Antes de montar el accesorio ajuste manualmente los empaques de caucho sobre cada tapon.
- g) Verifique que el accesorio se encuentra centrado con respecto a los tapones, los tapones cuentan con marcas concéntricas de profundidad que le ayudan a centrar el accesorio en estos.
- h) Asegure el accesorio con los dispositivos tipo galápago y platinas como se ve en la figura 24.
- i) Baje el actuador del cilindro A del cilindro B con la palanca 17 del tablero de control hasta tocar el accesorio con el empaque del tapón.
- j) Revise que el accesorio se encuentra alineado con los tapones y que el empaque sella completamente las entradas y salidas del accesorio.
- k) Aplique fuerza con el cilindro A y el cilindro B sobre el accesorio.

9.1.7 Montaje de accesorios tipo cruz

Realice el montaje según la figura 25 y siguiendo las siguientes recomendaciones.



Figura 25. Esquema de montajes accesorios tipo Cruz

- a) En este tipo de montajes para accesorios como cruz se requieren los 4 actuadores denominados como Tornillo 1, Tornillo 2, cilindro A y cilindro B
- b) Proceda como en el numeral 9.1.6 líneas b, c, d, e, f, g, i, j y k .

Llenado y Presurización.

9.2.1 llenado de agua del accesorio.

Gradué la presión para la bomba hidráulica como se indica en el numeral 7 y la tabla 02 y abra la válvula reguladora de caudal según la velocidad de llenado que se quiera para el accesorio. Mantenga abiertas las válvulas de llenado, válvula de desagüe, válvula de desaire, válvula de línea de

manómetro y válvula de venteo del tablero de control y asegúrese que el accesorio a quedado bien ajustado contra los sellos de caucho.

Cierre la válvula de desagüe y espere a que se llene el accesorio, verifique que el accesorio se ha llenado y desalojado todo el aire por medio de la inspección de la descarga de la línea de desaireado al nivel del tanque.

Cierre la válvula de desaireado gradualmente,

9.2.2 Presurización

La presurización debe ser lenta y gradual. Cierre la válvula de desaireado gradualmente, esto eleva la presión en el accesorio que se puede leer en el manómetro a un 40% de la presión final de prueba. Haga un chequeo previo en busca de fugas y ajuste de sellos.

Siga elevando la presión cerrando la válvula de venteo de emergencia ubicada en el tablero hasta obtener la presión de prueba deseada. Este atento a realizar la parada de emergencia del sistema hidráulico por medio del botón parada de emergencia del sistema hidráulico y a ventear la presión del accesorio por medio de la válvula de venteo de emergencia del tablero ante cualquier emergencia.

Prueba de fugas

La exanimación de fugas debe hacerse a toda el área del accesorio incluido los espigos.

La prueba hidrostática a los accesorios debe realizarse después del proceso de mecanizado y antes del proceso de pintura.

El inspector debe marcar con un circulo todas las fugas encontradas con un marcador no borrrable y describir la fuga en términos de húmeda, área mojada, gotas por minuto o chorro sostenido.

9.4 Despresurización

Apague el sistema hidráulico desde el botón apagado del tablero de control.

Después de la inspección liberar la presión lentamente. Abra la válvula de venteo del tablero de control, la válvula de desaire del accesorio para permitir la entrada de aire y la válvula de desagüe.

Verifique que el accesorio se ha desocupado completamente chequeando la descarga de la línea de desagüe al nivel del tanque.

10. Método de caída de presión.

Presurice el sistema como lo indica el numeral 9.2

Apague la bomba de presión y permita que la presión en el accesorio se estabilice por un periodo de 10 minutos.

Después que se ha estabilizado la presión anote el valor en el registro del accesorio y monitóreela durante un periodo de prueba. Al final del periodo anote la presión final y compárela con la presión registrada inicialmente.

11. Método de inspección visual.

Presurice el sistema como lo indica el numeral 9.2

Después de alcanzada la presión de prueba inspeccione la superficie del accesorio en búsqueda de fugas.

La presión de prueba debe ser sostenida por un mínimo de 1.5 min/pulg de espesor de pared o como mínimo 10 minutos, para esto ayúdese con el cronometro instalado en el tablero de control.

