

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO.

TEMA:

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TERMO FÍSICAS DEL FLUIDO UTILIZADO PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA EN LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO CON COSTURA SEGÚN NTE INEN 2 470:2008 Y SU INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN EN EMPRESA IPAC S.A DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

AUTOR: Edison Rafael Coca Jiménez

TUTOR: Ing. Mg. Luis Escobar

AMBATO-ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, bajo el tema: **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL FLUIDO UTILIZADO PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA EN LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO CON COSTURA SEGÚN NTE INEN 2470:2008 Y SU INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN EN EMPRESA IPAC S.A DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”** desarrollado por el estudiante Edison Rafael Coca Jiménez egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

Ambato, Julio del 2014

EL TUTOR

.....
Ing. Mg. Luis Escobar

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Declaro que los criterios emitidos en el trabajo de investigación **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL FLUIDO UTILIZADO PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA EN LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO CON COSTURA SEGÚN NTE INEN 2470:2008 Y SU INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN EN EMPRESA IPAC S.A DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de éste trabajo de grado.

Ambato, Julio del 2014

EL AUTOR

.....
Edison Rafael Coca Jiménez

DEDICATORIA

Al maestro de maestros “DIOS” por permitirme ser parte de esta maravillosa existencia, por dejarme formar sueños que se convierten en realidad, a ti mi señor que me entregaste la fuerza y el valor necesario para afrontar y vencer todas y cada una de las adversidades.

A Luis y Blanca mis amados padres, por compartir juntos momentos de alegría y tristeza, por estar unidos en la risa y estrecharnos en el llanto o simplemente por dejarme disfrutar de su amor, paciencia y entrega no solo como unos abnegados padres, sino como unos verdaderos amigos.

Para mis hermanitos Danny, Josué y mi pequeño Alexander, ya que no siempre es necesario estar rodeado de personas sumamente intelectuales para aprender cosas que hacen ver la vida de una manera tan sencilla, pero tan hermosa, a ti John (+), que siempre serás un fuerte impulso de sentimientos y emociones para recordarte en cada instante y de la mejor manera.

Querida familia lo hicimos juntos!!!

Edison Rafael

AGRADECIMIENTO

No es pecado ser reiterativo si menciono mi gratitud completamente al cielo y a ti mi señor “DIOS” por proporcionarme las armas para luchar día a día por el objetivo propuesto.

A Luis y Blanca (mi Blanquita), por apoyar y prestarme su hombro cuando flaqueaba en alguna de mis pretensiones, por tenderme su mano y levantarme de todas las contrariedades presentadas en mi existencia, por su ayuda incondicional que me llevó a alcanzar el objetivo de toda una vida estudiantil.

A mi familia, tíos, primos y demás amigos, por su muestra de apoyo y afecto constante.

A la Universidad Técnica de Ambato y en mención especial al personal docente de la FICM, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica-Carrera de Ingeniería Mecánica por formarnos con responsabilidad y profesionalismo.

Al Ing. Mg Luis Escobar quien con su conocimiento y experiencia me orientó en el desarrollo de este proyecto de investigación.

A IPAC S.A de la ciudad de Guayaquil, representada por el Lcdo. Javier Oviedo por permitirme el desarrollo de este estudio en el interior de sus instalaciones.

Mil Gracias!!!

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

Portada	i
Página de aprobación por el tutor	ii
Página de autoría.....	iii
Página de dedicatoria	iv
Página de agradecimiento	v
Índice general de contenidos.....	vi
Índice de figuras	xii
Índice de tablas.....	xv
Simbología.....	xix
Resumen ejecutivo.....	xxi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de investigación	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.2.1 Contextualización del problema.....	1
1.2.2 Análisis crítico	2
1.2.3 Prognosis	4
1.2.4 Formulación del problema	5
1.2.5 Preguntas directrices	5

1.2.6	Delimitación del problema.....	5
1.3	Justificación.....	6
1.4	Objetivos de la investigación	7
1.4.1	Objetivo general	7
1.4.2	Objetivos específicos	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes investigativos	8
2.2	Fundamentación filosófica	11
2.3	Fundamentación legal.....	11
2.4	Categorías fundamentales.....	12
2.5	Fundamentación teórica	12
2.5.1	Fluido hidráulico	12
2.5.2	Clasificación de los fluidos hidráulicos.	12
2.5.3	Selección del fluido.....	16
2.5.4	Sistemas de filtración	19
2.5.5	Transmisiones hidrostáticas	21
2.5.6	Averías y sus causas.....	21
2.5.7	Fluidos para trabajo de metales base agua	24
2.5.8	Control de contaminación.	25
2.5.9	Determinación de la densidad.	26
2.5.10	Propiedades de los fluidos.....	29
2.5.11	Flujo de fluidos en tuberías	37
2.5.12	Pruebas no destructivas de hermeticidad	44
2.5.13	Prueba hidrostática	44

2.5.14	Proceso de formación de tubería de acero.....	45
2.5.15	Bombas.....	48
2.6	Hipótesis.....	53
2.7	Señalamiento de las variables de la hipótesis.....	53
2.7.1	Variable independiente.....	53
2.7.2	Variable dependiente.....	53
2.7.3	Término de relación	53

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Enfoque	54
3.2	Modalidad de investigación.....	54
3.2.1	Investigación bibliográfica-documental.....	54
3.2.2	Investigación de campo.....	54
3.3	Nivel o tipo de investigación.....	55
3.3.1	Investigación descriptiva.....	55
3.3.2	Asociación de variables.....	55
3.3.3	Explicativa.....	55
3.3.4	Deductiva	55
3.3.5	Inductiva.....	55
3.4	Población y muestra	55
3.4.1	Población.....	55
3.4.2	Muestra.....	56
3.5	Operacionalización de variables.....	57
3.5.1	Variable Independiente: Estudio de las propiedades termo físicas del fluido utilizado para prueba hidrostática.....	57

3.5.2	Variable Dependiente: Sistema de presurización de equipo de prueba hidrostática.....	58
3.6	Recopilación de datos.....	59
3.6.1	Observación.....	59
3.7	Procesamiento y análisis de la información	59
3.7.1	Plan de recolección de la información	59
3.7.2	Plan de procesamiento de la información.	61
3.7.3	Análisis e interpretación de resultados.....	61

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Análisis de los resultados	62
4.1.1	Análisis de los parámetros en el equipo de bombeo utilizado.	66
4.1.2	Interpretación de resultados en tiempo $t < \text{seis semanas}$	68
4.1.3	Interpretación de resultados en tiempo $t > \text{seis semanas}$	76
4.2	Verificación de hipótesis	78
4.2.1	Análisis de métodos de limpieza a través de método comparativo. ..	78
4.2.2	Relación entre valores obtenidos mediante método práctico para presión y volumen en diferente período de operación.....	80
4.2.3	Ilustración gráfica para valores de presión.....	83
4.2.4	Representación de resultados bajo las características de montaje .	85

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	88
5.2	Recomendaciones.....	90

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1	Datos informativos	91
6.2	Antecedentes a la propuesta	92
6.3	Justificación.....	92
6.4	Objetivos	92
6.4.1	Objetivo General	92
6.4.2	Objetivos Específicos.....	92
6.5	Análisis de factibilidad.....	93
6.5.1	Análisis técnico	93
6.5.2	Análisis de costos.....	93
6.5.3	Análisis ambiental.....	96
6.6	Fundamentación	96
6.6.1	Selección del sistema y tipo de filtración.....	96
6.6.2	Selección del tipo de magneto.....	97
6.6.3	Cálculo de la energía magnética.	98
6.6.4	Cálculo de la resistencia de diseño en el cordón de soldadura.	100
6.6.5	Selección del material para el cuerpo del filtro.....	102
6.6.6	Diseño de la barra o cuerpo magnético.....	102
6.7	Metodología.....	103
6.7.1	Preparación del cuerpo del filtro.....	103
6.7.2	Preparación de neplos	104
6.7.3	Preparación de empaquetadura y juntas de cierre.....	104
6.7.4	Preparación de la barra magnética.	105
6.7.5	Ensamble de elementos	105

6.8	Administración	106
6.8.1	Planeación	106
6.8.2	Organización	107
6.8.3	Dirección	107
6.8.4	Control	108
6.9	Previsión de la evaluación	108
6.9.1	Mejoras para la propuesta	108
Bibliografía		109
ANEXOS		111
Anexo A		112
	Anexo A.1 Diagrama de Moody	112
	Anexo A2. Coeficientes de resistencia contracción súbita.....	113
	Anexo A3 Curvas de desempeño Bomba Paolo PKm 60*	114
Anexo B		115
	Anexo B1 Análisis de densidad relativa.....	115
	Anexo B2 Ensayo granulométrico	117
	Anexo B3 Reportes nivel de limpieza ISO 4406-99	118
Anexo C		120
	Anexo C1 Propiedades del Agua.....	120
	Anexo C2. Dimensiones y especificaciones de tubería PVC.....	121
	Anexo C3 Tabla de rugosidad según el material.....	121
	Anexo C4 Propiedades y datos físicos de los imanes.	122
	Anexo C5. Resistencia en diseño de soldadura.	123
	Anexo C6 Características electrodo de acero inoxidable AISI 308-L	124
Anexo D		125

Anexo D1. Ficha para toma de datos.	125
Anexo D2. Ficha para presentación de datos (método práctico).....	126
Anexo E	127
Anexo E1 NTE INEN 2470 (2008).....	127
Anexo E2 ISO 4406/99 (ASTRIVEN S.A).....	134
Anexo F.....	141
Anexo G.....	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Categorías Fundamentales.....	12
Figura 2-2 Clasificación de los fluidos hidráulicos.	13
Figura 2-3 Lubricación hidrostática.	17
Figura 2-4 Filtro de presión	19
Figura 2-5 Filtro en derivación	20
Figura 2-6 Filtro de precarga	21
Figura 2-7 Transmisión hidrostática	21
Figura 2-8 Tipos de contaminación en fluidos hidráulicos.....	25
Figura 2-9 La presión actúa sobre un volumen pequeño de fluido de modo uniforme y en todas direcciones.....	34
Figura 2-10 Principio de Pascal dirección de la presión del fluido sobre las fronteras.....	35
Figura 2-11 Gráficas de presiones de diferentes planos.	37

Figura 2-12 Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación de la energía.	38
Figura 2-13 (a) Régimen laminar; (b) Régimen turbulento.	41
Figura 2-14 Rugosidad interna de la tubería.....	41
Figura 2-15 Área de almacenamiento de bobinas.....	45
Figura 2-16 (a), (b) Ingreso de bobina en tren de laminación;(c) obtención de flejes.....	46
Figura 2-17 (a) Ingreso de fleje al área de formado, (b) Rodillo formador.....	46
Figura 2-18 Representación de soldadura por alta frecuencia (a) esquemática, (b) real.....	47
Figura 2-19 Desbaste de la rebaba producida en la soldadura.....	47
Figura 2-20 Calibración de dimensiones (Bancada Calibradora).....	48
Figura 2-21 Proceso de corte mediante disco de sierra.....	48
Figura 2-22 Clasificación de las máquinas elevadoras de líquidos.....	50
Figura 4-1 Montaje de banco de pruebas.....	67
Figura 4-2 Volúmen alcanzado por la bomba A y B utilizando agua en un período $t < \text{seis semanas}$	69
Figura 4-3 Presión alcanzada por la bomba A y B utilizando agua en un período $t < \text{seis semanas}$	70
Figura 4-4 Montaje de banco de pruebas con instalación de sistema de filtrado.....	72
Figura 4-5 Volúmen alcanzado por la bomba B utilizando taladrina filtrada en un período $t < \text{seis semanas}$	73
Figura 4-6 Presión alcanzada por la bomba B utilizando taladrina filtrada en un período $t < \text{seis semanas}$	74

Figura 4-7 Nivel de limpieza ISO 24/23/21 para fluido no filtrado.....	79
Figura 4-8 Nivel de limpieza ISO 23/21/18 para fluido filtrado.....	79
Figura 4-9 Variación de caudal entregado por la bomba A utilizando taladrina no filtrada en un período $t >$ seis semanas.	81
Figura 4-10 Variación de presión en la bomba A utilizando taladrina no filtrada en un período $t >$ seis semanas.	82
Figura 4-11 Caudal entregado por la bomba B utilizando taladrina filtrada en un período $t >$ seis semanas.....	82
Figura 4-12 Presión en la bomba B utilizando taladrina filtrada en un período $t >$ seis semanas.	83
Figura 4-13 Rendimiento mecánico del sistema según el fluido y el tiempo de prueba.....	86
Figura 4-14 Rendimiento total del sistema según el fluido y tiempo de prueba.	86
Figura 4-15 Rendimiento volumétrico del sistema según el fluido y el tiempo de prueba.....	87
Figura 6-1 Magneto de neodimio.....	99
Figura 6-2 Patrón de distribución de flujo de un filtro magnético.....	103
Figura 6-3 Cilindro o cuerpo del filtro.....	104
Figura 6-4 Neplo roscado de un solo extremo	104
Figura 6-5 Empaquetadura de neopreno.	105
Figura 6-6 Barra magnética.	105
Figura 6-7 Disposición de las barras magnéticas en las cubiertas laterales.....	106
Figura 6-8 Filtro magnético	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Principales características de los fluidos de potencia.	14
Tabla 2.2 Características de fluidos emulsión aceite en agua	14
Tabla 2.3 Características de fluidos emulsión agua en aceite.	15
Tabla 2.4 Características de fluidos agua-glicol	15
Tabla 2.5 Aditivos de extrema presión(EP)	17
Tabla 2.6 Relación entre viscosidad y temperatura según el tipo de bomba.	18
Tabla 2.7 Valores de máxima viscosidad según el tipo de bomba.....	19
Tabla 2.8 Averías,causas y soluciones en bombas y motores.	22
Tabla 2.9 Averías,causas y soluciones en bombas y motores	23
Tabla 2.10 Tipos de fluidos para trabajo de metales base agua.	24
Tabla 2.11 Determinación del código ISO.....	26
Tabla 2.12 Equivalencias de tamices US. Especificación ASTM E-11-61.	28
Tabla 2.13 Densidad Relativa δ de algunos líquidos	31
Tabla 2.14. Densidad, Viscosidad dinámica y cinemática del Agua en función de la temperatura.....	31
Tabla 2.15 Valores de diseño de la rugosidad de tubos	42
Tabla 3.1 Operacionalización (Variable Independiente).....	57
Tabla 3.2 Operacionalización (Variable Dependiente)	58
Tabla 3.3 Componentes del banco de pruebas	60
Tabla 4.1 Características de motor y bomba centrífuga modelo PKm 60.....	62

Tabla 4.2 Requisitos hidráulicos de instalación (Tuberías)	62
Tabla 4.3 Requisitos hidráulicos de instalación (Accesorios)	63
Tabla 4.4 Especificaciones hidráulicas (Fluidos de operación)	64
Tabla 4.5. Propiedades termofísicas del agua	65
Tabla 4.6 Propiedades termofísicas del aceite soluble.....	65
Tabla 4.7 Dimensiones para distintos tipos de tubería pvc cédula 40.....	65
Tabla 4.8 Hoja de resultados utilizando agua como fluido de trabajo.	69
Tabla 4.9 Representación de resultados del sistema de presión en estudio.	70
Tabla 4.10 Pérdidas menores contracciones súbitas	70
Tabla 4.11 Pérdidas en accesorios.....	71
Tabla 4.12 Resultados de rendimientos alcanzados utilizando agua como fluido de trabajo.....	71
Tabla 4.13 Hoja de resultados utilizando taladrina (filtrada) como fluido de trabajo.....	73
Tabla 4.14 Representación de resultados del sistema de presión en estudio.	74
Tabla 4.15 Pérdidas menores contracciones súbitas	74
Tabla 4.16 Pérdidas en accesorios.....	75
Tabla 4.17 Resultados de rendimientos alcanzados utilizando taladrina filtrada como fluido de trabajo.	75
Tabla 4.18 Hoja de resultados utilizando taladrina mas polvo metálico como fluido de trabajo.	76
Tabla 4.19 Representación de resultados del sistema de presión en estudio.	77

Tabla 4.20 Pérdidas menores contracciones súbitas	77
Tabla 4.21 Pérdidas en accesorios.....	77
Tabla 4.22 Resultados de rendimientos alcanzados utilizando taladrina no filtrada como fluido de trabajo.	78
Tabla 4.23 Nivel de limpieza ISO 24/23/21*.....	79
Tabla 4.24 Nivel de limpieza ISO 23/21/18*	80
Tabla 4.25 Propiedades del aceite soluble antes y después del filtrado.....	80
Tabla 4.26 Resultados obtenidos método práctico en un período $t < 6$ semanas....	81
Tabla 4.27 Resultados obtenidos método práctico en un período $t > 6$ semanas....	81
Tabla 4.28 Presión obtenida con fluido filtrado y no filtrado.	84
Tabla 4.29 Valores de rendimientos del sistema de bombeo según el fluido utilizado ($t < 6$ s.)	85
Tabla 4.30 Valores de rendimientos del sistema de bombeo según el fluido utilizado ($t > 6$ s.)	85
Tabla 6.1 Costos de materiales para la instalación.....	93
Tabla 6.2 Costo de materiales mecánicos	94
Tabla 6.3 Costo de materiales varios	94
Tabla 6.4 Costo de maquinaria.....	95
Tabla 6.5 Costo de mano de obra.	95
Tabla 6.6 Costo total para la construcción del proyecto	96
Tabla 6.7 Calidad de los barros magnéticos según la aplicación.	97
Tabla 6.8 Determinación del número total de barras magnéticas.	100

Tabla 6.9 Características del tipo de soldadura y electrodo utilizado..... 100

SIMBOLOGÍA

A: Área [m²]

CD: Costo directo [\$]

CI: Costo indirecto [\$]

CM: Costo de materiales mecánicos [\$]

CMI: Costo de materiales instalación hidráulica [\$]

CMO: Costo de mano de obra [\$]

CMU: Costo de maquinaria utilizada [\$]

CMV: Costo de materiales varios [\$]

CT: Costo total [\$]

CTM: Costo de materiales [\$]

D: Diámetro interno de la tubería [m]

f: Factor de fricción.

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

hL: Pérdida por fricción (N-m/N, m, lb-pie/lb, pie).

K: Coeficiente de resistencia

L: Longitud de la tubería. (m)

L_e/D: Relación de longitud equivalente

m: Masa [Kg]

P: Presión [KPa] ó [KN/m²]

P_A: Potencia transmitida al fluido [J/s]

Pi: Potencia de entrada a la bomba [kw]

Q: Caudal [lts/seg]

Re: Número de Reynolds

Re: Número de Reynolds [adimensional]

v: Velocidad de circulación del fluido [m/s]

ε : Rugosidad relativa

η : Eficiencia [%]

η_v : Rendimiento volumétrico [adimensional]

η_m : Rendimiento mecánico [adimensional]

η_{tot} : Rendimiento total [adimensional]

μ : Viscosidad dinámica [Ns/m²]

ρ : Densidad del agua en kg/m³.

Σ : Sumatoria de pérdidas hidráulicas en m.

ν : Viscosidad cinemática [m²/s]

γ : Peso específico (N/ m³)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL FLUIDO UTILIZADO PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA EN LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO CON COSTURA SEGÚN NTE INEN 2 470:2008 Y SU INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN EN EMPRESA IPAC S.A DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

Autor: Edison Rafael Coca Jiménez

Tutor: Ing. Mg. Luis Escobar

Fecha: 15 de Noviembre de 2014

RESUMEN

El presente trabajo investigativo se centró en el análisis del fluido utilizado en las correspondientes pruebas de hermeticidad a tubería de acero con costura según indica la Norma INEN 2 470:2008 en el cual utilizando un sistema de filtrado de carácter magnético se permitió purificar el fluido, luego de realizada la filtración mencionada se comprobó su nueva categoría o nivel de limpieza utilizando el método ISO 4406/99.

Por consiguiente se procedió al análisis de las propiedades termo físicas del fluido de operación tomando muestras de fluido antes y después de filtrarse, con estos valores se realizó comparaciones en cuanto a sus rendimientos y confiabilidad del sistema de presurización, estableciéndose claramente que los valores o propiedades alcanzados filtrando el fluido ofrecen mayor garantía de operatividad, cabe recalcar que para la demostración y análisis de resultados se construyó un banco de pruebas en el que se simula el sistema de presurización presente en la industria.

AMBATO TECHNICAL UNIVERSITY
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS
MECHANICAL ENGINEERING CAREER

STUDY OF FLUID PROPERTIES THERMOPHYSICAL HYDROSTATIC
TEST USED FOR THE MANUFACTURE OF STEEL PIPE WITH SEWING
BY NTE INEN 2470:2008 AND ITS INFLUENCE ON THE
PRESSURISATION SYSTEM IN COMPANY IPAC SA OF GUAYAQUIL
CITY.

Author: Edison Rafael Coca Jiménez

Advisor: Ing. Mg. Luis Escobar

Date: 15 de Noviembre de 2014

SUMMARY

This research work is focused on the analysis of the fluid used in the corresponding leakage tests on steel pipe welded as indicated by the INEN 2470:2008 standard in which using a filtering system magnetic character was allowed to purify the fluid, performed after filtration mentioned his new category or level of cleanliness was checked using the ISO 4406/99 method.

Therefore we proceeded to the analysis of thermo physical properties of the fluid operation taking fluid samples before and after filtering with these values comparisons are made as to their performance and reliability pressurization system , establishing clearly that the values or properties achieved by filtering the fluid provide greater uptime guarantee , it should be emphasized that for the demonstration and analysis of results a test in which the pressurization system is simulated in this industry was built.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN:

“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DEL FLUIDO UTILIZADO PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA EN LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA DE ACERO CON COSTURA SEGÚN NTE INEN 2 470:2008 Y SU INFLUENCIA EN EL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN EN EMPRESA IPAC S.A DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización del problema

La prueba de hermeticidad o también llamada de estanqueidad o prueba hidrostática está inmiscuida en el grupo de los ensayos no destructivos y específicamente en los de hermeticidad. Los ensayos no destructivos se han practicado por muchas décadas. Se tiene registro desde 1868 cuando se comenzó a trabajar con sistemas de pruebas para garantizar que el sistema este al cien por ciento en condiciones de operación, de ahí surgieron distintos métodos para percatarse de anomalías una de ellas es la prueba de hermeticidad conocida como PH (Prueba Hidrostática), con el fin de verificar la integración física, química y mecánica de un sistema para la puesta en operación.

Países de primer nivel garantizan plenamente sus sistemas bajo la aplicación de esta prueba, garantía que la consiguen con equipos sumamente eficientes, en lo que respecta a la industria acerera Taiwán es uno de los países que constantemente innovan el diseño de los equipos encargados de realizar las pruebas de hermeticidad, equipos que cumplen a plenitud tanto en su desempeño como en el tiempo de vida útil para los cuales fueron fabricados, siempre y cuando estén siendo operados bajo la estricta guía y especificaciones técnicas de los fabricantes,

guía en la que uno de los aspectos relevantes son las características de montaje del sistema hidráulico.

Bajo esta apreciación grandes industrias dedicadas a la actividad de producir tubería de acero cuidan minuciosamente sus componentes hidráulicos, gran parte de este cuidado atribuye al fluido con el que trabaja dicha máquina, fluido el cual está expuesto a ciertos niveles de contaminación, es esta la razón por lo que países sumamente desarrollados e industrializados optan por acogerse a la normativa respectiva tanto de limpieza como de lubricación, obteniendo favorables resultados de operatividad y confiabilidad. Correspondiente a Sudamérica existen industrias que se encargan de brindar servicios de mantenimiento industrial, a modo de ejemplo ADEMINS (Ahorro de energía y mantenimiento industrial) consta con bases en países como Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Chile, se encarga constantemente de realizar estudios y adicionalmente ofrecer capacitaciones referentes al control proactivo de la fricción en maquinaria, directamente dirigido hacia la industria acerera, teniendo muy presente que el ítem de gran importancia es el análisis del fluido con el que los equipos y máquinas se encuentran trabajando.

A nivel nacional empresas como IPAC S.A, DIPAC, TUGALT entre otras, son industrias encargadas de producir tubería de acero, pese a la intuición que los inconvenientes en el equipo de pruebas se los atribuye al fluido utilizado, dichas industrias han intentado de una u otra forma mantener operativo el equipo de pruebas hidrostáticas, aún sin realizar sondeos o análisis al fluido de operación.

En la provincia de Guayas, ciudad de Guayaquil se pretende realizar el estudio técnico con el cual se analice las propiedades presentes en el fluido de operación, las cuales serán de gran ayuda para identificar las posibles causas del bajo rendimiento en el equipo de presurización, entregando así un valioso aporte para el desarrollo de la industria acerera en nuestro país.

1.2.2 Análisis crítico

Las prueba hidrostática se debe realizar con obligatoriedad para poder comercializar el producto producido, tiempo atrás cuando el equipo cumplía a

plenitud con su funcionamiento, es decir no existía daño en ningún elemento mecánico, no había razón alguna para preocuparse, pues inicialmente el equipo venía dotado de una bomba de pistones marca KOBE más dos acumuladores de presión suficientes para cubrir los requerimientos en valores de presión según dicta la norma respectiva para fabricación de tubería de acero **NTE INEN 2470 (2008): Tubos de acero al carbono con costura, negros y galvanizados para conducción de fluidos**; por así decirlo estos componentes eran los encargados de presurizar el sistema de probado de tubos, cabe recalcar que con estos elementos el fluido con el cual se trabajaba era agua común y corriente.

Con el pasar de los años poco a poco el sistema fue perdiendo o disminuyendo su eficiencia de presurización, más con la oportuna intervención del departamento mecánico se podía dar solución a los continuos y conocidos inconvenientes que dicha bomba presentaba, dichos problemas iban acrecentándose hasta llegar al punto en que ya no era posible una rápida reparación, el desgaste tanto por fricción como por corrosión era más que evidente en cilindros, camisas y pistones y algunos otros elementos constitutivos de la bomba de presión. En este punto la única opción viable era el reemplazo de la bomba de pistones, bomba que representa un costo bastante considerable el mismo que decidió omitirse y buscar alguna otra alternativa que dé solución a la inminente parada del equipo de pruebas mencionado.

Como solución se decidió realizar el cambio de la bomba de pistones y los dos acumuladores de presión por una denominada central hidráulica la que en su estructura consta de dos bombas, una de ellas de caudal o de llenado y la otra encargada de inyectar la presión necesaria al sistema y el fluido que en el primer caso era agua la que a su vez era causante de originar corrosión pasaría a ser aceite soluble (emulsión agua-aceite) también conocido en el ámbito industrial como taladrina, esto con el objetivo de tener mejor lubricidad en todos los elementos mecánicos que constituyen en sí el equipo de pruebas.

Con este sistema que opera hasta el día de hoy se tiene una serie de dificultades y molestias muy repetitivas en la bomba que inyecta presión al sistema, pues a pesar de las modificaciones realizadas no se ha conseguido los resultados esperados, la

bomba tiene que ser remplazada continuamente y cada corto período de tiempo, el mayor problema se atribuye a la gran cantidad de contaminantes contenidos en el fluido de operación, probablemente la razón es por la que el fluido con el que trabaja el equipo de pruebas hidrostáticas es el mismo fluido que ha sido recolectado luego de haber refrigerado todo el proceso de conformado de tubería y en su retorno hacia el pozo principal éste arrastró demasiadas impurezas, las mismas que no pueden ser filtradas por completo a la entrada del equipo ocasionando los repetidos desperfectos en la bomba, causando disminución de presión en el sistema.

La industria acerera dedicada a la producción de tubería y/o cañería es una de las más importantes en el desarrollo industrial pues es ésta la encargada de proveer de materia prima a muchas otras áreas relacionadas con el desarrollo civil.

La gran demanda de este tipo de productos en aplicaciones hidráulicas como por ejemplo las instalaciones de redes de agua potable, industria química, industria alimenticia, en la industria petrolera para la conducción de gases y petróleo, etc. ha obligado de cierta forma a tener y a mantener una cantidad constante de producción mensual, entendiéndose así que para cubrir estos requerimientos es necesario el reemplazo constante de la bomba de presión.

Técnicamente la realización de este proyecto es viable ya que en el entorno en donde se desarrollará el presente estudio se cuenta con el equipo propiamente dicho en funcionamiento, el equipo o sistema de bombeo, el fluido de prueba el cual se considera totalmente contaminado y en lo que respecta a ensayos, algunos se los podrá hacer en los laboratorios de la FICM, FCIAL - UTA; mientras que los restantes se los podrá realizar en los laboratorios externos.

1.2.3 Prognosis

Al dejar relegado el presente estudio se ignoraría el efecto que causan las propiedades termo físicas del fluido utilizado para prueba hidrostática y como estas influyen sobre el sistema de presurización, razón por la cual no lograremos brindar aporte en el desarrollo industrial dedicado a esta actividad.

1.2.4 Formulación del problema

La pregunta guía de la investigación es:

¿Cómo se ve afectado el sistema de presurización en base a las propiedades termofísicas del fluido utilizado para prueba hidrostática?

1.2.5 Preguntas directrices

- ¿Cuáles son las especificaciones o características técnicas que deben presentar las propiedades del fluido utilizado para la realización de prueba hidrostática en tubería de acero?
- ¿Cuáles son los requisitos hidráulicos de instalación para el óptimo desempeño del sistema de presurización?
- ¿Permitirá la NORMAS ISO 4406-99, relativa al control de la contaminación en fluidos, optimizar las propiedades del fluido utilizado para prueba hidrostática?
- ¿Cuál es la posible alternativa para solucionar el inconveniente en el sistema de presurización?

1.2.6 Delimitación del problema

1.2.6.1 De contenido

El siguiente trabajo se lo realizará bajo la aplicación y utilización de la investigación descriptiva dentro de los siguientes campos.

- Recursos energéticos no convencionales
- Mantenimiento industrial
- Ingeniería Mecánica

Sustentándose bajo la aplicación de normas, teniendo como respaldo de consulta a la biblioteca de la facultad de ingeniería civil y mecánica FICM de la Universidad Técnica De Ambato, documentación técnica del equipo mencionado y como aporte general de consulta a distintas páginas web del internet, especialmente referida a artículos y libros digitalizados.

1.2.6.2 Espacial

La investigación se llevará a cabo en la provincia de Guayas, ciudad de Guayaquil, en las instalaciones de empresa IPAC S.A ubicada en Km 10 ½ vía a Daule.

1.2.6.3 Delimitación espacial

El lapso de tiempo comprendido para el completo desarrollo de la investigación será entre febrero 2014 – julio 2014, tiempo en el cual se pretende determinar todos los parámetros necesarios para entregar una correcta información acerca del tema mencionado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad y sobretodo en nuestro país el crecimiento industrial y el desarrollo civil exige gran demanda de materia prima y materiales que garanticen sin lugar a duda su calidad, dando mayor orientación en este estudio a la búsqueda de una alternativa con la que se pueda encontrar u obtener mejorar el sistema de presurización del equipo con el que se ejecuta la prueba de presión, dando oportunidad a que la Universidad sea reconocida como ente de desarrollo técnico para la industria y por supuesto brindando alternativas de solución para la misma.

El presente trabajo de investigación servirá en esencia para analizar las propiedades termo físicas del fluido con el que se está realizando las pruebas de hermeticidad, con el que se conseguirá mejorar el rendimiento del equipo o sistema de presurización, observándolo de manera un poco más directa con este proyecto se espera reducir al mínimo el cambio constante de la bomba de presión y permitir que dicho equipo no ocasione paradas de productividad por desperfectos mecánicos. La realización de este estudio es factible ya que se cuenta con el equipo propiamente dicho en funcionamiento el recurso material a disposición, y personal técnico de buen nivel. Los resultados o análisis obtenidos en las propiedades del fluido con el que trabaja el equipo de pruebas hidrostáticas, permitirán tomar una decisión en cuanto a la selección adecuada de la bomba o un sistema de purificación de fluido con el que se espera alcanzar un

nivel de limpieza recomendado, lo que resultará a la final en un buen desempeño del sistema presurizador.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Estudiar las propiedades termo físicas del fluido de operación y cómo influyen sobre el sistema de presurización para el desarrollo de prueba hidrostática en tubería de acero.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estudiar las especificaciones o características técnicas que deben presentar las propiedades del fluido utilizado para la realización de prueba hidrostática en tubería de acero.
- Determinar los requisitos hidráulicos de instalación para el adecuado desempeño del sistema de presurización.
- Definir un sistema el cual permita que el fluido se encuentre dentro de los márgenes de limpieza recomendados el cual permita optimizar las propiedades del fluido utilizado para prueba hidrostática.
- Plantear la alternativa para solucionar el inconveniente en el sistema de presurización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Resulta primordial el uso y empleo de fluidos de alta calidad y por supuesto fluidos limpios para obtener un óptimo funcionamiento del sistema y por supuesto influir positivamente en el rendimiento y duración de cualquier sistema hidráulico.

Para alcanzar dicho rendimiento a lo largo de la historia se han utilizado varios tipos de fluidos, estos van desde el agua hasta modernos compuestos cuya preparación no solo dispone de un fluido base, sino también de aditivos especiales con los que se obtiene fluidos hidráulicos que presentan ciertas características para cumplir una tarea específica.

Con el objeto de relacionar el tema en estudio, se ha tratado de identificar estudios similares en los que se hace referencia a los proyectos ejecutados en la EPN (Escuela Politécnica Nacional), y UPS (Universidad Politécnica Salesiana).

Fuente de información: Tesis

Autor: Atahualpa Cortez Henry Ramiro.

Año de Publicación: 2010

Lugar: Escuela Politécnica Nacional

Tema: “Construcción de un módulo de pruebas hidrostáticas para tubería metálica”

Resumen:

La tesis mencionada redacta la construcción de un módulo de pruebas hidrostáticas para tubería de acero, el cual se lo construye teniendo muy presente la seguridad tanto de operatividad como la seguridad que proporcione a la tubería, luego de realizarse la prueba de hermeticidad correspondiente.

En lo posterior se describe los principios con los cuales se ha realizado el diseño de cada uno de los elementos que constituyen el equipo de pruebas, también se hace referencia al fluido con el que dicho equipo realizará las pruebas correspondientes.

El proyecto en su fase inicial redacta conceptos básicos de presión, y demás ítems que conciernen al marco teórico, una vez concluida esta fase el ejecutante procede a analizar y escoger las posibles alternativas para el diseño del módulo de pruebas hidrostáticas sin pasar por desapercibido las normas o reglamentos correspondientes guías para su elaboración. Luego de escogida la alternativa se realizó los cálculos oportunos para el dimensionamiento, teniendo muy presente el fluido de prueba a utilizarse.

En lo posterior el ejecutante entrega una guía en la que realiza la descripción de funcionamiento del equipo a más de un formato que contenga los datos considerados importantes en dicha prueba para finalmente presentar un análisis económico con el que se identifique el costo total de la realización del proyecto.

Conclusiones:

- Se logró alcanzar el objetivo general el cual fue la construcción del módulo de pruebas hidrostáticas que cumple con los requisitos necesarios para realizar ensayos a tuberías metálicas a través de su estudio previo.
- Las propiedades y/o características del fluido a utilizar son de mucha importancia, pues de éstas depende el correcto seleccionamiento de la bomba.
- Al construir dicho módulo, se permitieron simular de una manera óptima todas las presiones a las que están sometidas las tuberías metálicas, con esto garantizan su buen funcionamiento.

Fuente de información: Tesis

Autor: Barros Buestán, Marco Antonio; Pizarro Almeida, Bolívar Patricio

Año de Publicación: 2007

Lugar: Universidad Politécnica Salesiana.

Tema: “Propuesta de mejoramiento del sistema de prueba hidrostática para tubería de alta presión en la empresa TUGALT S.A.”

Resumen:

El trabajo en mención relata a plenitud un sistema con el cual se ayude a mejorar el desarrollo en la prueba hidrostática, el sistema representa la elaboración de un multiplicador de presión que consta de dos cilindros de sección variable, su construcción básicamente se relaciona con el principio de Pascal.

Este trabajo se lo ha desarrollado en cuatro capítulos en los que se procederá a describirlos a continuación.

En la primera etapa los autores describen una breve reseña histórica de la industria, explican y detallan de cómo se encuentra la instalación del sistema actual de distribución de agua en la fábrica, cabe resaltar que el fluido utilizado por la industria es succionado directamente desde un pozo de captación ubicado en el río Machángara y por supuesto se menciona los productos y servicios que ofrecen.

En el capítulo dos se realiza el análisis de los caudales tomando en cuenta la demanda y las necesidades para cada una de las áreas relacionadas y se analiza detalladamente los parámetros de diseño en la red de distribución de agua para Tugalt.

En el tercer capítulo los autores profundizan sobre el diseño del multiplicador de presión, realizando todos los cálculos para el dimensionamiento correcto según sus requerimientos.

En el cuarto y último capítulo se realiza un análisis técnico económico enfocándose en determinar la inversión necesaria para la construcción, montaje y puesta a punto de la máquina, basándose en el análisis de costos unitarios.

Conclusiones:

- Obtener una certificación con normas internacionales a través de la realización de este proceso brinda la posibilidad de adquirir o incursionar en nuevos nichos de mercado, elaborando productos con calidad y garantía, brindando así seguridad a los usuarios.

- Manteniendo el principio fundamental de la prueba hidrostática, crean la posibilidad de diseñar un sistema el mismo que debe ser capaz de satisfacer

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Con el crecimiento del sector industrial, el desarrollo tecnológico y la evolución en sí de la sociedad no hay que dejar de lado la integridad o calidad de material que ofrecemos al servicio de la sociedad, es por eso que una parte esencial para cumplir con este fin es el de mantener en óptimas condiciones el equipo o máquina con que se desarrollan las operaciones diarias.

Esta investigación concierne al paradigma crítico-propositivo, crítico porque se conseguirá avances dentro de la actividad de realización de prueba hidrostática e innovación para la industria acerera en el Ecuador y propositivo porque busca plantear una alternativa de solución al exagerado consumo de bombas de presión hidráulica constantemente reemplazadas a causa de sus continuos desperfectos mecánicos.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La realización de este estudio se sustentará bajo las siguientes normas y/o reglamentos de fabricación.

- NTE INEN 2470 (2008) (Spanish): Tubos de acero al carbono con costura, negros y galvanizados para conducción de fluidos. Requisitos.
- ISO 4406-99, relativas al control de la contaminación en fluidos.
- NTE INEN 0035 (1973) (Spanish): Grasas y aceites comestibles. Determinación de la densidad relativa.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

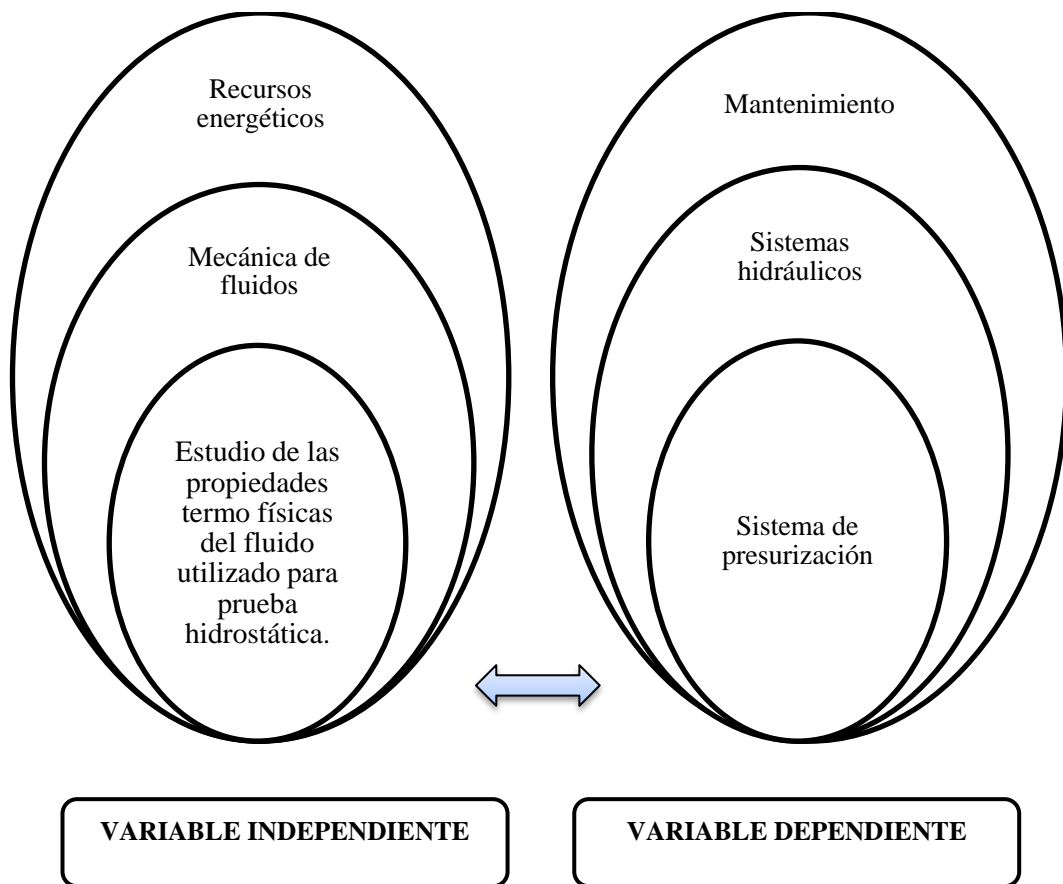


Figura 2-1.- Categorías Fundamentales

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

2.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.5.1 Fluido hidráulico

Los aceites más utilizados en la industria son los elaborados a base de aceites minerales, puesto que cumplen con todos los requisitos antes mencionados.

2.5.2 Clasificación de los fluidos hidráulicos.

Presentan mayor influencia sobre el rendimiento y duración, si empleamos fluidos limpios y de alta calidad dentro de un sistema hidráulico, obtendremos la eficiencia y desempeño deseado. Cualquier líquido o fluido es apropiado para transmitir energía de presión. Para esto el líquido o fluido utilizado debe cumplir

con cierto tipo de requerimientos tales como: Transmitir la presión, lubricación de partes móviles, evacuación del calor, protección anticorrosiva, eliminación de partículas de carácter abrasivo, etc. (Córdova, Mejía, Ayala, & Chavarría, 2003)

Los principales tipos de fluidos empleados en sistemas oleo hidráulicos se resume en el siguiente recuadro.

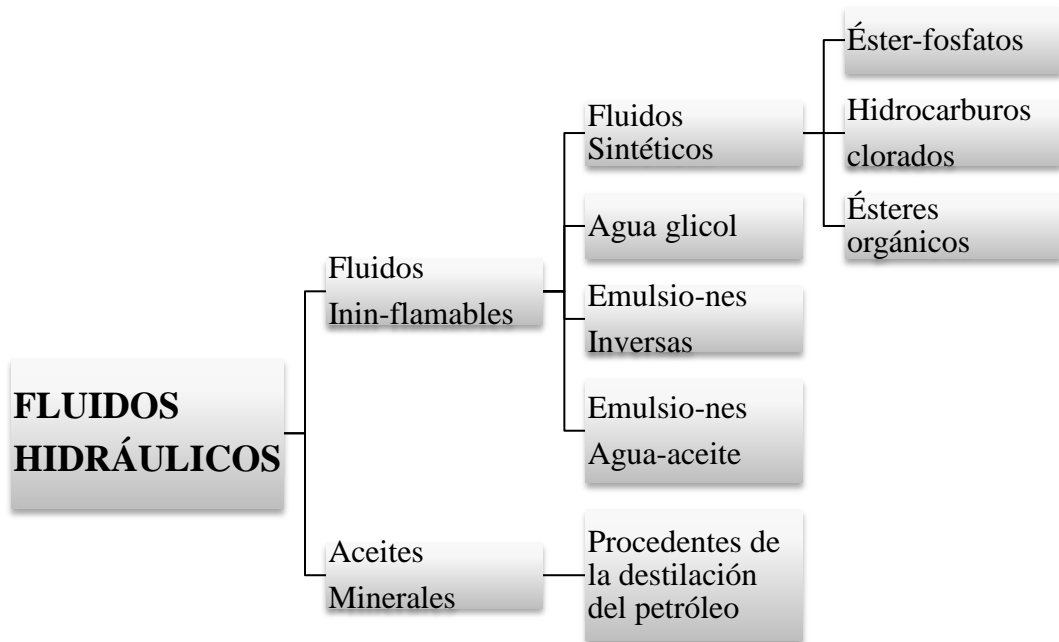


Figura 2-2 Clasificación de los fluidos hidráulicos.

Fuente: Felip Roca Ravell, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuito

2.5.2.1 Fluidos hidráulicos para sistemas de fluido de potencia.

Son utilizados en una amplia gama de aplicaciones en el sector constructivo, agrícola, automatización, sistemas de freno para la industria automovilística, etc.

El fluido se lo considera y se lo clasifica en neumático (aire) e hidráulico (fluido líquido). (Robert Mott, 2006, pp. 46,47)

En la siguiente tabla se muestra las principales características de los fluidos en los sistemas de fluido de potencia.

Tabla 2.1 Principales características de los fluidos de potencia.

Viscosidad adecuada
Lubricidad o capacidad alta de lubricación
No son corrosivos
Limpieza
Impiden la proliferación de bacterias
Son ecológicos
Alto módulo volumétrico (compresibilidad baja).

Fuente: Robert, L, Mott, (2006), Mecánica de fluidos.

2.5.2.2 Fluidos con base de agua elevada (HWBF)

Son emulsiones de agua- aceite en relación de 40% de aceite mezclado con agua, y la adición de aditivos, el propósito es encontrar propiedades adecuadas para cualquier trabajo a desarrollar. Existen también emulsiones de aceite-agua, contienen 90 a 95% de agua, y un balance de aditivos, apariencia lechosa porque el aceite está disperso en pequeñas gotas (Robert Mott, 2006, pp. 47,48).

- Emulsión de aceite en agua

Ocasionalmente llamada emulsión directa, luego de combinarse con el agua en relación de (3 al 15%) de aceite, se obtiene taladrina soluble.

Tabla 2.2 Características de fluidos emulsión aceite en agua

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo • Buenas propiedades de apagado de llama. 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de evaporación de agua • Dificultades con la corrosión • Pobre resistencia de película • Temperaturas de uso limitadas

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

- Emulsión de agua en aceite

Contiene 40% de agua y se la conoce como emulsión inversa.

Tabla 2.3 Características de fluidos emulsión agua en aceite.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Costo bajo/medio • Buenas propiedades de apagado de llama 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de evaporación de agua • Temperaturas de uso limitadas • Fluido no newtoniano • Poder lubricante medio.

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

Para Roca, F. (1999) “Oleohidráulica básica y diseño de circuitos” destaca la importancia, tipos y selección de fluidos hidráulicos, de donde se analiza los siguientes conceptos:

2.5.2.3 Fluidos agua-glicol

Se los disuelve en 20 al 45% de agua y etileno-propilen-glicol, más aditivos anticorrosivos y mejoradores anti desgaste.

Tabla 2.4 Características de fluidos agua-glicol

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Buena relación entre viscosidad y temperatura • Buenas propiedades en resistencia a la llama • excelente comportamiento a bajas temperaturas • Costo accesible 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de evaporación y separación de fases. • Temperaturas de uso limitadas • Fluido no newtoniano • Problemas de corrosión • Revisiones demasiado frecuentes de mantenimiento

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

2.5.2.4 Fluidos sintéticos no acuosos

Existe gran cantidad de fluidos con características y propiedades diferentes, su elección se la deberá realizar con el respectivo fabricante de cada máquina teniendo presente su precio y la posible reacción con algún tipo de material en especial, y en ciertos casos su influencia fisiológica-ecológica.

2.5.3 Selección del fluido

Según Roca, F. (1999). “Oleohidráulica básica y diseño de circuitos” la selección del fluido se realiza en función de sus características fisicoquímicas y su misión.

La selección del fluido en función de su misión resume la transmisión de potencia y la lubricación del sistema, refrigeración, reducción de fugas y pérdidas de carga.

Para transmitir potencia son aptos todos los fluidos, siempre que su viscosidad sea óptima para la aplicación, (excepto los gases). Deben presentar facilidad de fluidez en conductos internos de los componentes. Si existe una excesiva resistencia a su circulación puede producirse considerables pérdidas de carga y obtener un incremento en la potencia necesaria para el funcionamiento del equipo.

La lubricación es una labor primordial que debe cumplir el fluido, puesto que es la capacidad del mismo para formar una capa o película sobre las superficies, y facilitar el desplazamiento entre superficies, evitando en lo posible la fricción o el contacto. Por esta razón se dejó de lado el uso de agua en circuitos hidráulicos.

Según este criterio la lubricación puede ser:

Lubricación hidrostática: tiene por finalidad formar un cojín hidrostático para separar las superficies en movimiento. Por ejemplo en una bomba de pistones se muestra el apoyo de la cabeza del pistón sobre el plato inclinado.

Lubricación hidrodinámica: a diferencia de la lubricación hidrostática tienden a separarse por la presión generada por su propio movimiento (fuerza centrífuga). Por ejemplo un cojinete en el que el lubricante, gracias a la fuerza centrífuga que se produce por el giro entre las superficies a lubricar, provoca una presión que tiende a separar dichas superficies y a introducirse entre las mismas.

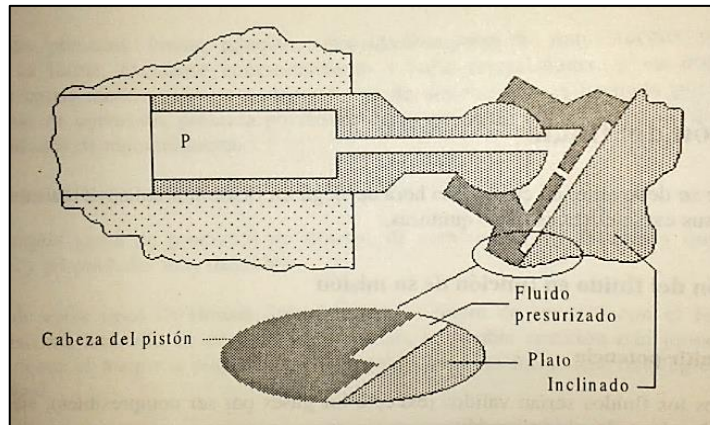


Figura 2-3 Lubricación hidrostática.

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

Lubricación untuosa: se interpreta como la capacidad del fluido para mantenerse en contacto con las superficies sin necesidad de aplicar fuerzas externas, ideal para sistemas que sufren paradas por largos períodos de tiempo y se desempeñen a bajas velocidades. Si el fluido presenta baja untuosidad, con el tiempo produciría fricción ya que se ha desprendido de sus superficies.

Lubricación extrema presión: capacidad del fluido para lubricar cuando se tengan casos en los que exista contacto entre las microcrestas de las superficies. Estos rozamientos generan calor, los mismos que originan microsoldaduras entre las superficies. Este tipo de lubricación evita fenómenos de gripaje de las superficies en contacto, esto se consigue añadiendo aditivos EP al fluido.

Según la aplicación, se selecciona el tipo de fluido conociendo la presión de trabajo del sistema añadiendo aditivos (EP) extrema presión, es decir se precisará el uso o no de aditivos EP según el valor de presión con el que opere el sistema.

Tabla 2.5 Aditivos de extrema presión(EP)

Función	Composición	Modo de acción	Inconvenientes
Forman capas intermedias	Cloro, azufre, composiciones de fósforo.	formar capas en base a presión y temperatura	Derivados clorados muy contaminantes para salud y ambiente.

Fuente: Proyecto fittema, fluidos de corte, recuperado de (http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/_3087.pdf)

2.5.3.1 Selección del fluido según sus características

Esta selección se la realiza a través del análisis entre valores de viscosidad y temperatura de arranque.

Factores de selección de la viscosidad: se resume en saber el tipo de bomba a utilizarse. Está en dependencia del tipo de bomba y la temperatura de operación, que es la que presenta el fluido al ingreso de la bomba. En la siguiente tabla se analiza e identifica la relación entre viscosidad y temperatura a utilizar.

Tabla 2.6 Relación entre viscosidad y temperatura según el tipo de bomba.

Tipo de bomba	Grado ISO viscosidad		
	32 cSt	46 cSt	68 cSt
Paletas	60 ° C	70 ° C	78 ° C
Pistones radiales	38 ° C	50 ° C	60 ° C
Pistones axiales	60 ° C	70 ° C	78 ° C
Engranajes	60 ° C	70 ° C	80 ° C

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

La mínima temperatura de arranque: es el valor mínimo de temperatura a la que el sistema puede ponerse en marcha o funcionamiento después de fijarse el valor de la viscosidad.

“La máxima viscosidad con la que puede actuar una bomba es un dato de suma importancia e interés, esto con la finalidad de evitar problemas debidos a funcionamiento en vacío y de cavitación (bombear aire), lo que provoca un rápido desgaste en la bomba” (Ravell Roca, 1999).

Cuando se conoce valores de viscosidad e índice de viscosidad del fluido a emplearse en el sistema, es posible determinar la temperatura mínima de arranque a través del diagrama viscosidad-temperatura también conocido como viscograma.

A continuación se presenta algunos valores de viscosidad según el tipo de bomba.

Tabla 2.7 Valores de máxima viscosidad según el tipo de bomba

Tipo de bomba	Viscosidad máxima $1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1\text{cSt}$
Paletas	860
Pistones radiales	860
Pistones axiales	1300
Engranajes	6000

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

2.5.4 Sistemas de filtración

Diez de la Cortina León, A. (2009). “Manual de Oleohidráulica” describe varios tipos de filtros y sistemas de filtrado para aplicaciones en circuitos hidráulicos, según su función, volumen a filtrar y grado de filtración tales como:

El mantenimiento en una instalación hidráulica ofrece un buen número de horas de funcionamiento y por supuesto la disminución notable en el tiempo de parada, teniendo en cuenta que absolutamente todos los circuitos hidráulicos tienden a contaminarse es indispensable la utilización de sistemas de filtrado utilizando distintos tipos de filtros tales como: filtro de presión, de riñón, precarga, derivación, aspiración, Sus criterios son los siguientes.

Filtro de presión: se instala en la línea de presión, si se lo instala a la salida de la bomba se protege de manera general a todo el circuito, si se requiere la protección exclusiva de algún elemento sumamente sensible al contaminante, el filtro debe de instalarse antes del elemento a proteger. (Ej. Servoválvula)

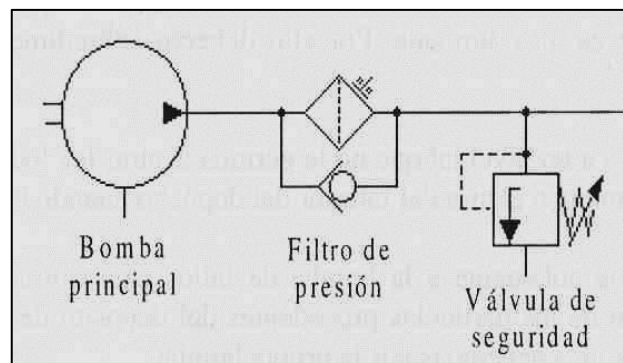


Figura 2-4 Filtro de presión

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

La figura representa la protección general de todos los componentes del circuito con excepción de la propia bomba, el filtro está instalado a la salida de la bomba. Es de gran eficacia en caso de producirse avería en la bomba con generación de contaminante.

Filtro de derivación: utilizados en sistemas en los cuales se trabaje con una gran cantidad de volumen se puede considerar la instalación de un grupo externo de filtrado, el mismo que es accionado por una bomba ajena al circuito principal.

Las figuras 2.4, 2.5, 2.6, representan esquemáticamente los filtros de distintos tipos.

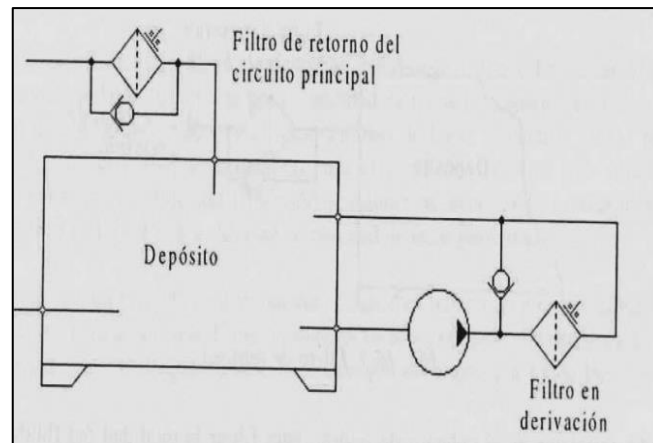


Figura 2-5 Filtro en derivación

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

Filtro en forma de riñón: consiste en ubicar un filtro a la salida del depósito y luego este fluido vuelve a introducirse en el mismo depósito formando una especie de filtrado en circuito cerrado.

Filtro de aspiración: ofrece un grado de filtración superior a 50 micras, se coloca en la aspiración de la bomba para protegerla de partículas procedentes del depósito que pueden provocar fallos catastróficos, es de suma importancia recalcar que la protección no se ofrece a la bomba ni al resto del circuito a causa de partículas que sean del tamaño inferior al de su malla, las mismas que sean procedentes del depósito o partículas generadas por la propia bomba.

Estos filtros normalmente se instalan en el interior del depósito, razón por la que su mantenimiento y limpieza es limitada. (Ravell Roca, 1999, pp. 197,198).

Filtro de precarga: se los emplea en circuitos en donde se haya utilizado una bomba muy sensible al contaminante, o en transmisiones hidrostáticas. Para evitar cavitación se instala entre el filtro y el depósito una bomba de engranes, así garantizamos el grado de limpieza y un suficiente caudal en la succión.

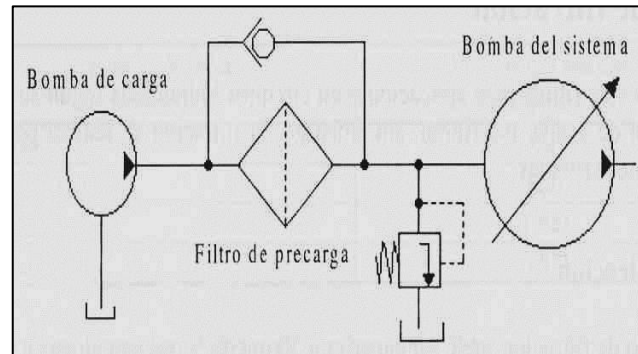


Figura 2-6 Filtro de precarga

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

2.5.5 Transmisiones hidrostáticas

En circuito cerrado consta de motor y bomba, su funcionamiento resume que el aceite sale de la bomba e ingresa al motor, y luego sale del motor e ingresa nuevamente en la bomba. (Díez de la Cortina León, 2009, p. 106 1ra ed).

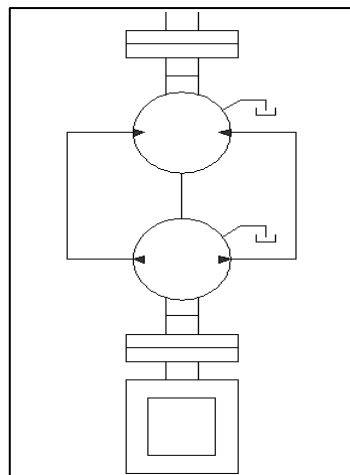


Figura 2-7 Transmisión hidrostática

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

2.5.6 Averías y sus causas

Se las representa a continuación pero dadas las innumerables causas se identificará las más relevantes de acuerdo al tema en estudio.

Tabla 2.8 Averías, causas y soluciones en bombas y motores.

AVERÍA EN BOMBAS Y MOTORES	CAUSAS COMUNES	SOLUCIÓN
La bomba no entrega todo su caudal o sólo entrega parte de él.	Sentido de giro invertido.	Invertir el sentido de giro del motor o de la bomba;
	Acoplamiento elástico mal anclado.	Revisar si la chaveta está bien colocada.
	Filtro obstruido u obturado.	Limpiarlo o reemplazarlo.
	Eje de la bomba roto.	Reemplazar el eje (No repararlo)
	Bomba descebada.	Purgar la bomba y proceder al cebado de la misma
Ruido en la bomba o el motor.	Cavitación.	Purgar bomba, revisar válvulas de deceleración (motor)
	Circuito obturado.	Decaparlo y/o limpiarlo.
Decremento o Escases en la entrega de presión de la bomba	Presión mal regulada.	Verificarla e incrementarla d ser necesario.
	Mala calidad del aceite	Cerciorarse de la elección y uso del aceite utilizado
Fugas en la bomba o motor	Mala estanqueidad de los racores	Comprobarlos y repararlos
	Mala estanqueidad del retén	Reemplazar el retén

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

Tabla 2.9 Averías, causas y soluciones en bombas y motores

AVERIA EN FILTROS	CAUSAS COMUNES	SOLUCIÓN
Filtración o filtros inadecuados	Demasiada luz o paso de malla	Reemplazar el filtro por uno de menor luz.
	Error en la instalación	Verificar el sentido de montaje en instalación
	Error en el circuito	Desmontar, modificar el circuito
	Campo magnético averiado	Reemplazar elementos magnéticos
Filtro obturado	Baja capacidad de filtrado	Comprobar y reemplazar filtro según la capacidad, de ser necesario limpiar todo el circuito
Contaminación(sólidos en suspensión)	Filtración defectuosa	Mejorar sistema de filtrado

Fuente: Díez de la Cortina León, A, (2009), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

2.5.7 Fluidos para trabajo de metales base agua

(Según División CIMCOOL, 2005), informa y clarifica los siguientes criterios de su apartado técnico en el que aborda el tema fluidos para trabajo de metales base agua- prácticas apropiadas para el mezclado.

Para obtener una concentración correcta, ésta debe ser medida, mantenerla requiere diariamente el remplazo de agua debido a pérdidas por evaporación y por la recirculación del fluido.

Tabla 2.10 Tipos de fluidos para trabajo de metales base agua.

Fluidos hidrosolubles (miscibles en agua)
Aceites solubles
Fluidos sintéticos
Semisintéticos.

Fuente: División CIMCOOL, (2005).Prácticas apropiadas de mezclado

2.5.7.1 Aceites solubles o aceites emulsificantes

Contienen entre 60 – 90% de aceite. Son diluidos en agua, a una relación de veinte partes de agua por una de aceite, de aspecto lechoso y opaco cuando la fusión o mezcla se la realiza en agua. Generalmente se usan en aplicaciones ferrosas y no-ferrosas.

2.5.7.2 Fluidos semi-sintéticos.

Presenta menor cantidad de aceite que los solubles, contiene entre 2 - 30% de aceite. Cuando son diluidos en agua se lo hace a una relación de veinte partes de agua por una de aceite, aspecto opaco a translúcido. Tienen buena capacidad de lubricidad para aplicaciones de uso moderado a pesado. Sus propiedades de humectación y enfriamiento, son mejores respecto a los aceites solubles.

2.5.7.3 Fluidos sintéticos.

De apariencia transparente al diluirse en agua, no contienen aceite mineral y tienen la capacidad de trabajar en rangos de aplicaciones ligeras (Rectificado de

doble disco, Rectificado de superficies o fresado) hasta aplicaciones pesadas (Roscado, barrenado) este tipo de fluidos producen poca espuma, limpian y tienen buenas propiedades de enfriamiento permiten altas velocidades, altos niveles de producción y buen control dimensional.

Es indispensable suministrar a la máquina un fluido mezclado apropiadamente y de gran importancia la realización de mediciones de concentración a lo largo de la vida del fluido. El mantenimiento al rango de concentración recomendada del fluido de trabajo de metales, incrementará la productividad, alargará la vida del fluido, se obtendrá una reducción notable de costos e incrementará la satisfacción de los operadores.

2.5.8 Control de contaminación.

El 70% de las averías en circuitos hidráulicos son producidas por la contaminación del fluido, la limpieza de los filtros depende del número de horas de funcionamiento de la máquina.

Los fabricantes de máquinas y equipos recomiendan que para su buen funcionamiento no se tenga un mínimo grado de filtración, más bien recomiendan un máximo grado de contaminación.

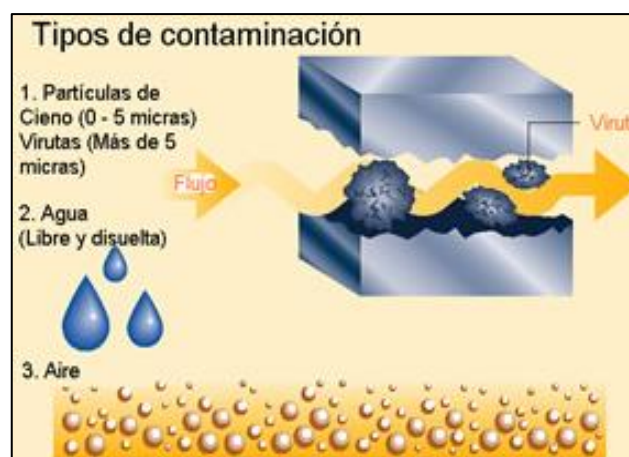


Figura 2-8 Tipos de contaminación en fluidos hidráulicos

Fuente: Recuperado de <http://www.parts-zone.com/ind-parker-hidraulica-teoria.htm>

En la siguiente tabla se muestran valores con los que se puede determinar el código ISO o CETOP. (Díez de la Cortina León, 2009, p. 203).

Tabla 2.11 Determinación del código ISO

Cantidad de partículas en 100ml mínimo	Cantidad de partículas en 100ml máximo	Número de código
8000000	16000000	24
4000000	8000000	23
2000000	4000000	22
1000000	2000000	21
500000	1000000	20
250000	500000	19
130000	250000	18
64000	130000	17
32000	64000	16
16000	32000	15
8000	16000	14
4000	8000	13
2000	4000	12
1000	2000	11
500	1000	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7
32	64	6
16	32	5
8	16	4
4	8	3
2	4	2
1	2	1

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

2.5.9 Determinación de la densidad.

Método aplicado en laboratorio de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos (FCIAL).

Método Aplicado:

-Hidrómetro de vidrio.

-INEN 35

Hidrómetro

Un hidrómetro es un instrumento que mide la gravedad específica de los líquidos. La gravedad específica de un líquido es la densidad de ese líquido dividida por la densidad del agua, en las mismas unidades. Un hidrómetro hace esta medición midiendo la cantidad de agua que desplaza.

Funcionamiento

Los hidrómetros son normalmente cilindros de vidrio largos con peso en la base para darles estabilidad en el agua. También tienen marcada al lado una escala para gravedad específica. El hidrómetro se coloca en un contenedor transparente con líquido y el valor de la superficie del líquido da la gravedad específica del líquido.

Para mayor precisión, se debe de corregir la lectura de acuerdo con la temperatura porque la densidad del agua cambia con la temperatura.

(Según el método INEN 0035, 1973) se describe el procedimiento aplicado para la determinación de la densidad relativa con los siguientes ítems:

- Objetivo de la norma
- Terminología
- Disposiciones generales
- Preparación de la muestra
- Procedimiento (Calibración del picnómetro)
- Método para el cálculo

Para los aceites y grasas líquidas a 25 °C, la densidad relativa a 25/25°C se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$d_{25} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Dónde:

d_{25} =densidad relativa a 25/25°C.

m =masa del picnómetro vacío [g]

m_1 =masa del picnómetro con agua destilada, [g]

m_2 =masa del picnómetro con muestra, [g]

- Instrumentos

- Picnómetro tipo Gay-Lussac, de 50 cm³, para productos líquidos a 25°C puede usarse un picnómetro que tenga termómetro incorporado.
- Baño de agua, con regulador de temperatura, ajustado a 25° ± 0,2°C.
- Estufa, con regulador de temperatura.
- Termómetro, con divisiones de 0,1° ó 0,2°C.
- Balanza analítica, sensible a 0,1 mg.

Granulometría

Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición en materiales sedimentarios. La granulometría, de "gránulo" (pequeño grano), trata de los métodos de medición del tamaño de un grano y por extensión de una población de granos. Se entiende por "grano" en sentido general a un trozo de materia sólida o líquida, esférica o no, que se encuentre en un fluido inmisible.

Tabla 2.12 Equivalencias de series de tamices US. Especificación ASTM E-11-61.

U.S		Tyler
Estándar	Alternativa	Designación de malla
149 micrones	100	100
88 micrones	170	170
74 micrones	200	200
53 micrones	270	270
44 micrones	325	325
37 micrones	400	400
32 micrones	500	500

Fuente: Tesis Presentada por Isla Martínez, E (2007).

Para el desarrollo del análisis granulométrico, éste se llevó a cabo en un juego de tamices U.S. Estándar Testing Sieve_{MR} No 40, 60, 80, 100, 120, 140, 170, 200. Se

tamizó una muestra de 500g, obteniendo las correspondientes fracciones las cuales se representaron en porcentajes.

2.5.10 Propiedades de los fluidos.

Los fluidos se clasifican en líquidos y gases. Los líquidos a una presión y temperatura determinadas ocupan un volumen determinado, si se introduce en un recipiente, adopta la forma del mismo.

Los gases a una presión y temperatura determinadas ocupan un volumen determinado, pero puestos en libertad se expanden hasta ocupar el volumen total del recipiente que lo contiene, y no presentan superficie libre.

Los sólidos ofrecen gran resistencia al cambio de forma y volumen: los líquidos gran resistencia al cambio de volumen, mas no de forma.

Por tanto es análogo el comportamiento de líquidos y gases en conductos cerrados como en tuberías, pero no en conductos abiertos como es el caso de los canales.

2.5.10.1 Peso específico

Es el peso por unidad de volumen y se expresa matemáticamente con la siguiente relación:

$$\gamma = \frac{w}{v} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

γ =peso específico [N/m³]

w=peso [N]

v=volúmen en [m³]

Como el peso se calcula con la siguiente relación:

$$w = m * g \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

m= masa [kg]

g= gravedad [m/s²]

Entonces obtenemos la relación entre la densidad y el peso específico.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

ρ = densidad [kg/m³]

2.5.10.2 Densidad específica o absoluta

Se la define expresivamente como la cantidad de masa por cada unidad de volumen y su relación es:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Dónde:

ρ =densidad [kg/m³]

m=masa [kg]

v=volúmen [m³]

Los valores de densidad absoluta están en función de la temperatura y de la presión. La variación de la densidad absoluta de los líquidos es muy pequeña, a excepción de muy altas presiones y para todos los cálculos prácticos, esta variación puede despreciarse.

2.5.10.3 Densidad relativa.

Es la relación entre la masa del cuerpo a la masa de un mismo volumen de agua destilada a la presión atmosférica y 4 °C. La densidad relativa es una magnitud adimensional (Mataix, C, 1986, p16).

En las tablas 2.13 se identifica el listado de algunos tipos de líquidos en donde se representa los valores de densidad relativa en función de la temperatura; mientras que en la tabla 2.14 se representa las propiedades presentes en el agua a diversas temperaturas.

Tabla 2.13 Densidad relativa δ de algunos líquidos

Líquido	Densidad relativa	t° C
Agua dulce	1,00	4
Agua de mar	1,02-1,03	4
Petróleo bruto ligero	0,86-0,88	15
Petróleo bruto medio	0,88-0,90	15
Petróleo bruto pesado	0,92-0,93	15
Keroseno	0,79-0,82	15
Gasolina ordinaria	0,70-0,75	15
Aceite lubricante	0,89-0,92	15
Fuel-oil	0,89-0,94	15
Alcohol sin agua	0,79-0,80	15
Glicerina	1,26	0
Mercurio	13,6	0

Fuente: Mataix, C, (1986), Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas.

Tabla 2.14. Densidad, viscosidad dinámica y cinemática del agua en función de la temperatura.

Temperatura (°C)	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (10 ⁵ kg/m.s)	Viscosidad cinemática ν (10 ⁶ m ² /s)
0	999,8	178,7	1,787
4	1,000	156,2	1,562
20	998,2	100,2	1,0038
24	997,2	91,1	0,914
26	996,5	87,2	0,875
28	996,1	83,4	0,837
30	995,7	79,7	0,801

Fuente: Mataix, C, (1986), Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas.

“La densidad relativa del agua a una temperatura determinada es la densidad absoluta del agua a esa misma temperatura dividida por la densidad del agua a 4°C (densidad máxima)” (Mataix Claudio, 1986, p. 16).

2.5.10.4 Volumen específico.

El volumen específico es el recíproco de la densidad absoluta.

$$v = \frac{1}{\rho} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Dónde:

ρ =densidad absoluta [kg/m³]

Es decir, el volumen que ocupa 1kg de masa de la sustancia.

2.5.10.5 Compresibilidad.

Es el cambio de volumen de una sustancia al someterse a una variación de presión y se la determina mediante el módulo volumétrico (E) (Robert Mott, 2006, p. 13).

En los fluidos al igual que en los sólidos se verifica la ley fundamental de la elasticidad:

El esfuerzo unitario es proporcional a la deformación unitaria.

$$E = \frac{-\Delta p}{(\Delta v)/v} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde:

E=módulo volumétrico

Δp =esfuerzo unitario de compresión [Kg/m²]

v =volumen específico [m³/kg]

Δv =incremento de volumen específico [m³/kg]

E= 21.000 kg/cm² para agua dulce de 0 a 20 °C.

El valor de E es directamente proporcional a la presión y temperatura, es decir si la p y t aumentan, también aumenta E.

2.5.10.6 Viscosidad

“Es una de las dos propiedades que requiere consideración cuando se trata de bombear líquidos viscosos. La otra propiedad es la densidad del líquido. La viscosidad puede considerarse como una medida de la fricción interna de un líquido, que produce resistencia al flujo a través de un tubo, válvula, bomba, etc” (Tyler & Hicks, 1974, p. 171).

Para emitir criterios de viscosidad entendidas como dinámica y cinemática se utilizó la información (Según Mataix Claudio, 1986).

Viscosidad dinámica.

Comprendida en una relación dinámica del fluido entre la fuerza y su movimiento en donde se destaca que los líquidos soportan esfuerzos de compresión, pero no de tracción.

Los sólidos como los líquidos están sometidos a esfuerzos cortantes, tangenciales. La fuerza es paralela al área sobre la que actúa. “En los fluidos la deformación aumenta constantemente bajo la acción del esfuerzo cortante por pequeño que éste sea”

Viscosidad cinemática.

Varios tipos de cálculos de la dinámica de fluidos involucran la razón de la viscosidad dinámica en la densidad del fluido. La viscosidad cinemática ν (letra nu, en griego) se define como:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Donde:

ν =viscosidad cinemática [m^2/s]

η =viscosidad dinámica [$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$]

ρ =densidad [kg/m^3]

2.5.10.7 Presión

Se la define como la cantidad de fuerza ejercida sobre una determinada unidad de área de una sustancia. La intensidad de presión se la expresa como cantidad escalar, entendiéndose que tiene solo magnitud, matemáticamente se define con la siguiente ecuación: (Crowe, Elger, & Roberson, 2006, p. 32).

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Donde:

P=presión [Pa]

F=fuerza [N]

A=área [m²]

Blaise Pascal describió dos importantes principios acerca de la presión.

- La presión actúa uniformemente en todas las direcciones sobre un pequeño volumen de fluido.

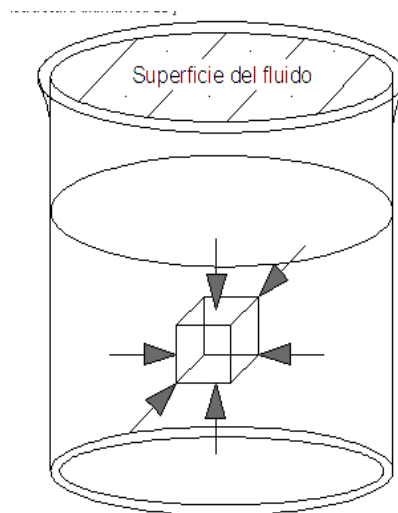


Figura 2-9 La presión actúa sobre un volumen pequeño de fluido de modo uniforme y en todas direcciones.

Fuente: Mott, L, R, (2006), Mecánica de fluidos.

- la presión actúa perpendicularmente a la frontera.

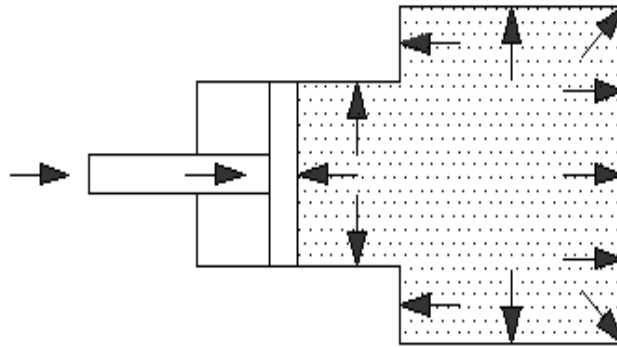


Figura 2-10 Principio de pascal dirección de la presión del fluido sobre las fronteras.

Fuente: Roca, R, F, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

a. Presión de vapor

Se entiende como la evaporación de una cierta cantidad de líquido colocado en el interior de un recipiente cerrado, culmina cuando el número de moléculas que escapan de la superficie del líquido es el mismo número que ingresan.

Las moléculas que entran en estado gaseoso producen un cierto valor de presión, se adopta el nombre de presión de vapor.

En líquidos, pueden crearse condiciones que conduzcan a una presión por debajo de la presión de vapor del líquido. Cuando esto sucede se da la formación de burbujas comúnmente conocido como fenómeno de cavitación.

La presión de vapor depende mucho de la presión y temperatura (Potter, Wiggert, Hondzo, & Shin, 2002, p. 21).

b. Presión atmosférica.

Actúa sobre la superficie libre de un líquido, esta presión recibe cualquier valor mientras el recipiente esté cerrado, caso contrario sobre dicha superficie de líquido actúa la presión atmosférica (Pa) esto se debe al peso de la columna de aire que gravita sobre el fluido.

“La presión atmosférica varía con la temperatura y la altitud, la presión media normal a 0°C y a nivel del mar es 1.033 kg/cm² y es llamada atmósfera normal” (Mataix Claudio, 1986, p. 39).

Los valores representativos para la atmósfera son los siguientes:

- Atmósfera normal. = 101.30 kPa.
- Atmosfera técnica = 98.07 kPa.
- Atmósfera local y temporal= (Presión atmosférica reinante en un determinado lugar y tiempo).

c. Presión absoluta y relativa

Ciertas ocasiones la presión no se la mide como presión absoluta sino como presión por sobre la presión atmosférica, llamándose presión relativa o manométrica, los valores de presión absoluta se miden con relación al vacío total o cero absoluto, es cero cuando se ha alcanzado un vacío ideal. (Potter, Wiggert, Hondzo, & Shin, 2002, p. 11).

La presión absoluta se la puede hallar a través de la siguiente expresión.

$$P_{ab} = P_a + P_m \qquad \text{Ecuación 2.10}$$

Donde:

P_{ab} =presión absoluta [Pa]

P_a =presión atmosférica [Pa]

P_m =presión manométrica [Pa].

Las unidades más empleadas son Psi [lb/plg²] en el sistema inglés, y en el sistema internacional [N/m²].

d. Presión hidrostática

Un fluido pesa y ejerce presión sobre las paredes del fondo de un recipiente el cual lo contenga, actúa sobre la superficie de cualquier objeto sumergido en él. Esta presión, es independiente del área del recipiente, mientras el fluido se encuentre en reposo ejerce una fuerza perpendicular con dirección a las paredes del recipiente o también sobre cada una de sus caras del objeto sumergido sin importar la orientación de las mismas.

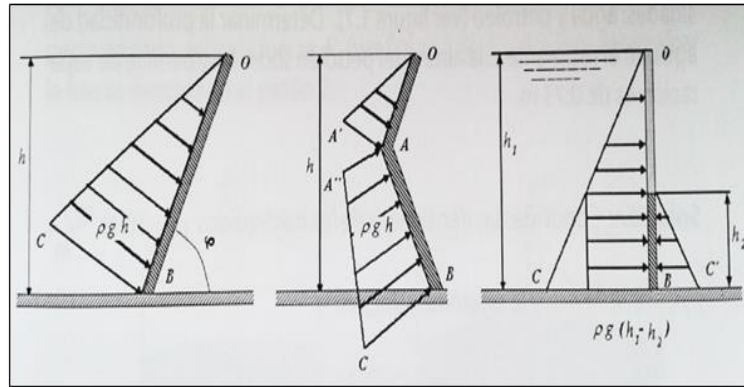


Figura 2-11 Gráficas de presiones de diferentes planos.

Fuente: Hidráulica Generación de energía por Ramiro Ortiz Flóres

Si el líquido presenta fluidez, las fuerzas resultantes de las presiones no se encontrarían perpendiculares a las superficies. La presión depende de la densidad y la altura del líquido con referencia del punto del que se mida. (Picado & Alvarez, 2008, p. 444).

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \rho gh + P_o \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Dónde:

P= presión hidrostática [Pa]

ρ = es la densidad del líquido [kg/m³]

g=gravedad [m/s²]

h=altura del fluido[m]

P_o=presión atmosférica[Pa]

2.5.11 Flujo de fluidos en tuberías

2.5.11.1 Ecuación general de la energía

Fundamentada en el teorema de Bernoulli, se la escribe o se denota desde un punto de referencia o inicial, hasta un punto final siguiendo el sentido de flujo. Esta expresión nos permite determinar si en un sistema existe pérdida o ganancia de energía.

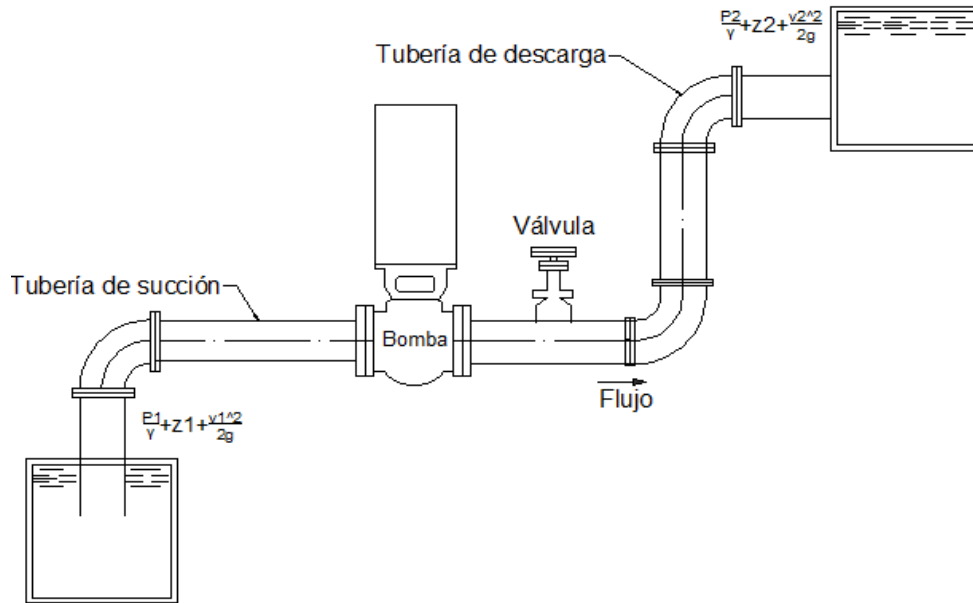


Figura 2-12 Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación de la energía.

Fuente: Mott, L, R, (2006), Mecánica de fluidos.

La expresión de la ecuación general de la energía es la siguiente:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Donde:

P=presión del fluido [kPa]

v=velocidad del flujo [m/s]

z=altura[m]

g= aceleración de la gravedad [m/s²]

h_A= energía agregada al fluido a través de un dispositivo mecánico[m]

h_L= pérdidas de energía consideradas primarias y secundarias[m]

2.5.11.2 Pérdidas por fricción en tuberías.

Estas pérdidas se las representa en dos categorías: a) aquellas pérdidas provocadas por cortante en la pared de la tubería, b) las ocasionadas por componentes de dicha tubería.

Las primeras son aquellas que se distribuyen a lo largo de la tubería, mientras que las otras son ocasionadas por discontinuidades discretas, más comúnmente conocidas como pérdidas secundarias o pérdidas menores.

Las pérdidas de carga se representan como pérdidas de energía de un flujo hidráulico al tener que ser transportado por medio de tuberías. (Potter, Wiggert, Hondzo, & Shin, 2002, p. 480)

2.5.11.3 Pérdidas primarias.

Son las pérdidas de carga ocasionada por el rozamiento o la fricción en el interior de la tubería (capa límite), rozamiento o fricción de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas que se generan en el fluido (régimen turbulento). Se da lugar en un flujo uniforme, entendiéndose así que este fenómeno se los encontrará en los tramos de tubería de sección constante. (Robert Mott, 2006, p. 233).

Ecuación general de las pérdidas primarias (Ecuación de Darcy-Weisbach)

La ecuación de Darcy-Weisbach determina la pérdida de energía ocasionada por el rozamiento o la fricción en el interior de la tubería, la misma que es proporcional a la velocidad del líquido transportado en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento.

La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional f (Ortiz Florez, 2011, p. 84).

Las pérdidas primarias se las calcula mediante la siguiente expresión:

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Donde:

h_L =pérdidas de energía del sistema por la fricción[m].

L =longitud de la corriente del fluido [m]

D =diámetro de la tubería. [m]

v =velocidad promedio del flujo. [m/s]

f = factor de fricción. [adimensional]

g =gravedad específica [m/s²]

El número de Reynolds (Re)

Es un parámetro adimensional cuyo valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento y se calcula en base a la siguiente expresión matemática: (Robert Mott, 2006, p. 230).

$$NRe = \frac{v * D}{\nu} \quad \text{Ecuación 2.14}$$

Donde:

v = velocidad de flujo [m/s].

D = diámetro interior de la tubería[m]

ν =viscosidad cinemática [m²/s]

Factor de fricción.

El factor de fricción está en función de la rugosidad de la tubería y del Número de Reynolds:

$$f = \Phi(Re, \epsilon) \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Donde:

NRe = número de Reynolds.

ϵ = rugosidad [m]

a) Factor de fricción para el flujo laminar.

La expresión con la cual se obtiene el factor f es la siguiente:

$$f = \frac{64}{NRe} \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Donde:

La expresión numérica resulta ser una constante en la ecuación.

f = factor de fricción [adimensional]

NRe = número de Reynolds. [adimensional]

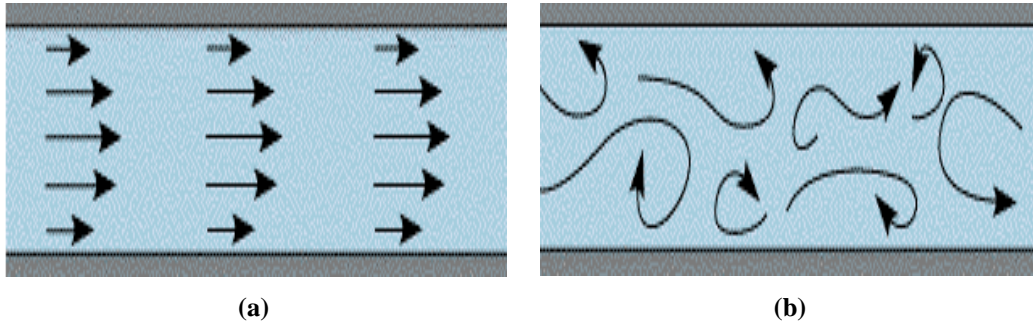


Figura 2-13 (a) Régimen laminar; (b) Régimen turbulento.

Fuente: recuperado de <http://fisica.laguia2000.com/dinamica-clasica/flujo-laminar-y-flujo-turbulento>

b) Pérdidas por fricción en el flujo turbulento.

Para cuando el fluido presenta un elevado NRe (Número de Reynolds) es más conveniente usar la ecuación de Darcy. El flujo en condiciones turbulentas es caótico y varía en forma constante. El factor de fricción f está en dependencia de dos parámetros que se consideran adimensionales, el primero el número de Reynolds y por otra parte el valor de rugosidad relativa de la tubería.

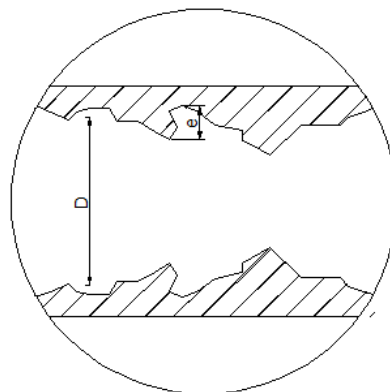


Figura 2-14 Rugosidad interna de la tubería

Fuente: Mott, L, R, (2006), Mecánica de fluidos.

La rugosidad relativa se la expresa entre la relación del diámetro de la tubería D y la rugosidad promedio de su pared ϵ . La condición de la superficie depende sobre todo del material y de su fabricación.

A continuación se presenta un listado en el que se indica el respectivo valor numérico de ϵ según el tipo de material.

Tabla 2.15 Valores de diseño de la rugosidad de tubos

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pies)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \cdot 10^{-7}$	$1.0 \cdot 10^{-6}$
Tubo extruido; cobre, latón y acero	$1.5 \cdot 10^{-6}$	$5.0 \cdot 10^{-6}$
Acero comercial o soldado	$4.6 \cdot 10^{-5}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$5.0 \cdot 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$4.0 \cdot 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$2.4 \cdot 10^{-4}$	$8.0 \cdot 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$4.0 \cdot 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$6.0 \cdot 10^{-3}$

Fuente: Mott, L, R, (2006), Mecánica de fluidos.

Diagrama de Moody

Gráfica de importancia y apropiada para determinar el valor f de fricción para tuberías comerciales limpias, se la considera como la base para los respectivos cálculos de flujo en tuberías. Esta gráfica es un diagrama de Stanton en la que f se expresa como la relación de la rugosidad relativa y el número de Reynolds. (Streeter, Wylie, & Bedford, 2000, p. 292). Ver anexo A1.

Ecuación de P. k. Swamee y S. K. Jain.

A través de esta expresión se nos permite el cálculo directo del factor de fricción para un flujo turbulento.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\epsilon)} + \frac{5.74}{NRe^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 2.17}$$

Donde:

f=factor de fricción [adimensional]

D=diámetro de la tubería[m]

ε=rugosidad de la tubería[m]

2.5.11.4 Pérdidas secundarias por accesorios (válvulas , coples, etc)

Se producen cuando en un determinado tramo de tubería de corriente se presentan puntos en los que se tiene deformación en el movimiento del fluido, es aquí en donde se producen las pérdidas secundarias o perdidas menores. Estos puntos de desviación del fluido pueden ser ocasionados por (codos, salidas de depósito, válvulas, cambios bruscos de diámetro, etc.)

Estos cambios ocasionan pérdidas de energía que se localizan en el mismo sitio del cambio de geometría o de alteración del flujo. El valor del coeficiente deben ser proporcionados por los respectivos fabricantes de piezas para conducción de fluidos, a su vez la magnitud del coeficiente de resistencia depende de la geometría del dispositivo que ocasiona la pérdida o de la velocidad de flujo.

Si en los cálculos realizados se desprecia los valores ocasionados por pérdidas menores, para objetos prácticos resultan ser poco significativos los errores cometidos (Ortiz Florez, 2011, p. 85).

La expresión con la cual se calcula las pérdidas secundarias o menores es:

$$h_L = k * \left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad \text{Ecuación 2.18}$$

Donde:

h_L =pérdidas secundarias [m]

k=coeficiente de resistencia [adimensional]

v=velocidad de flujo del fluido [m/s]

g=valor de la aceleración de la gravedad [m/s^2]

2.5.12 Pruebas no destructivas de hermeticidad

Estas pruebas nos ofrecen información de cómo los fluidos pueden ser contenidos en recipientes, sin que éstos se escapen a la atmósfera o queden fuera de control.

Los métodos de PND de hermeticidad son:

- Pruebas de Fuga
- Pruebas por Cambio de Presión neumática.
- Pruebas por Cambio de Presión hidrostática.
- Pruebas de Burbuja
- Pruebas por Espectrómetro de Masas
- Pruebas de Fuga con Rastreadores de Halógeno.

2.5.13 Prueba hidrostática

Las pruebas hidrostáticas están inmiscuidas dentro de los ensayos no destructivos y específicamente en los de hermeticidad.

“Controlar la presión dentro de los procesos industriales nos brinda condiciones de operación seguras, recipientes o tuberías tienen por defecto una cierta presión máxima de operación según el material y el tipo de construcción” (Atahualpa & Delgado, 2010).

La realización de pruebas hidrostáticas consiste en someter las tuberías metálicas a una prueba de presión interior y evidenciar que su fabricación brinde calidad y seguridad, las mismas que puedan a su vez certificarse mediante la normativa vigente.

Las características que describen a las pruebas de hermeticidad o hidrostáticas fueron tomadas de un apartado (Según Universidad Tecnológica De Pereira, 2010)

2.5.13.1 Características de la prueba hidrostática.

Se trata de una prueba no destructiva mediante el cual se verifica y comprueba la integridad física de los accesorios bridados y esencialmente de la soldadura de una tubería o sistema en donde el agua es bombeada a una presión más elevada que la presión de operación y se mantiene en ese valor por un tiempo establecido.

El valor de presión varía según la longitud del tramo a probar. La prueba hidrostática también se realiza cuando ocurren reemplazos o reparaciones de líneas de tubería existentes, esta a su vez nos permite:

- Determinar la calidad de la ejecución del trabajo de fabricación o reparación de la línea o equipo.
- Comprobar las condiciones de operación para garantizar la seguridad tanto de las personas como de las instalaciones.
- Detectar fugas.
- Verificar la resistencia mecánica.
- Probar la hermeticidad de los accesorios.

Para ofrecer margen de seguridad la presión utilizada en la prueba hidrostática es siempre mayor que la presión de trabajo, se realiza en un 150 por ciento del diseño o la presión de trabajo.

Por ejemplo, si una tubería fue calificado con una presión de trabajo de 2000 PSI, el valor de presión con que se realizara la prueba será 3000 PSI. Cabe resaltar que el agua es el fluido más empleado para la ejecución de estas pruebas.

2.5.14 Proceso de formación de tubería de acero.

- Inicialmente la materia prima se encuentra en forma de bobinas las cuales se encuentran adecuadamente almacenadas en un area en particular.



Figura 2-15 Área de almacenamiento de bobinas.

Fuente: Industria procesadora de acero IPAC S.A

- Las bobinas atraviesan un proceso de laminación y corte longitudinal el mismo que debe presentar el desarrollo necesario para la fabricación de cada tubo.

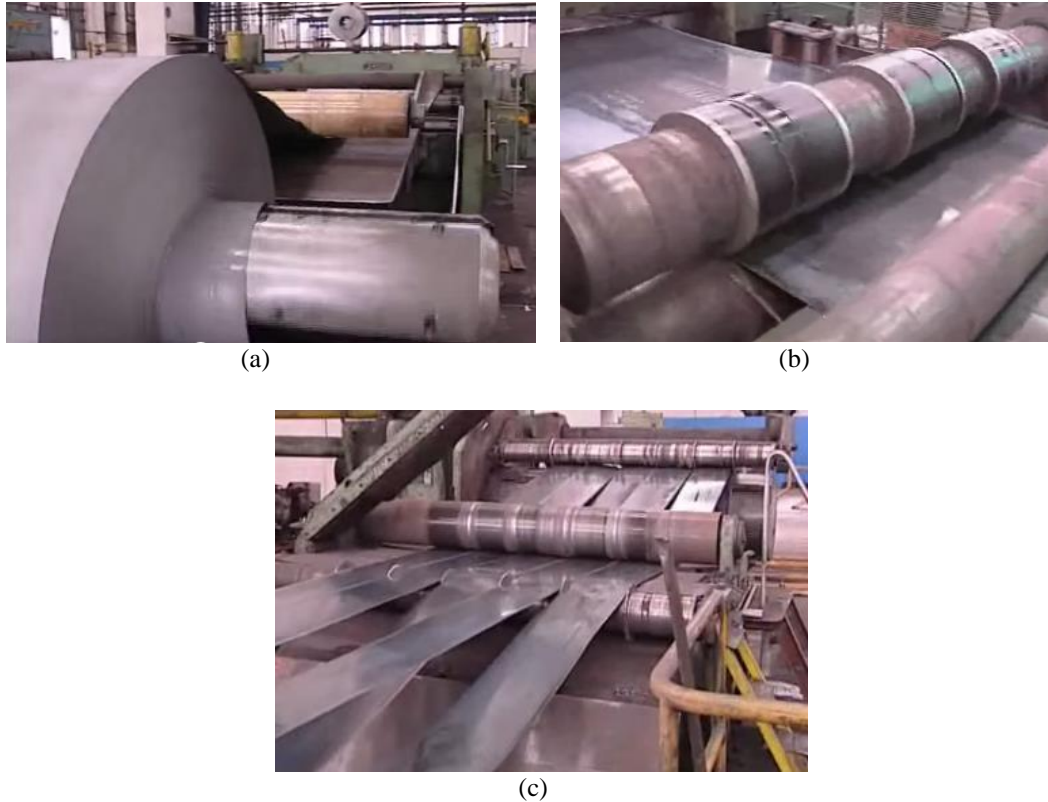


Figura 2-16 (a), (b) Ingreso de bobina en tren de laminación;(c) obtención de flejes.

Fuente: Industria procesadora de acero IPAC S.A

- Luego del corte adoptan el nombre de fleje, el mismo es llevado a la conformación de manera continua por medio de rodillos, en este proceso se tiene dos etapas, la primera denominada de formación y la segunda de calibración.

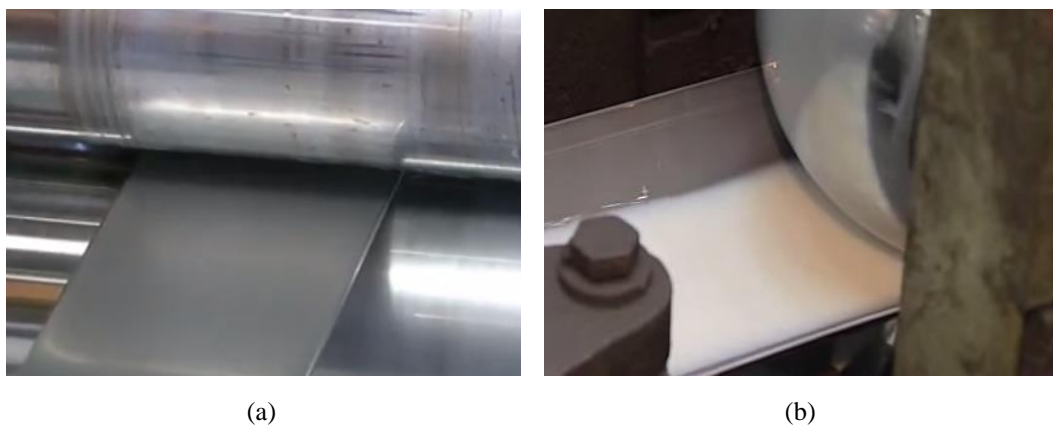


Figura 2-17 (a) Ingreso de fleje al área de formado, (b) Rodillo formador.

Fuente: Industria procesadora de acero IPAC S.A

Luego de atravesar el proceso de formación la tubería se somete a proceso de soldadura continua que en nuestro caso se utiliza la soldadura por alta frecuencia.

- Soldadura por resistencia con alta frecuencia.

Muy similar a la de costuras, con la diferencia que se emplea corriente de alta frecuencia (hasta 450 khz).

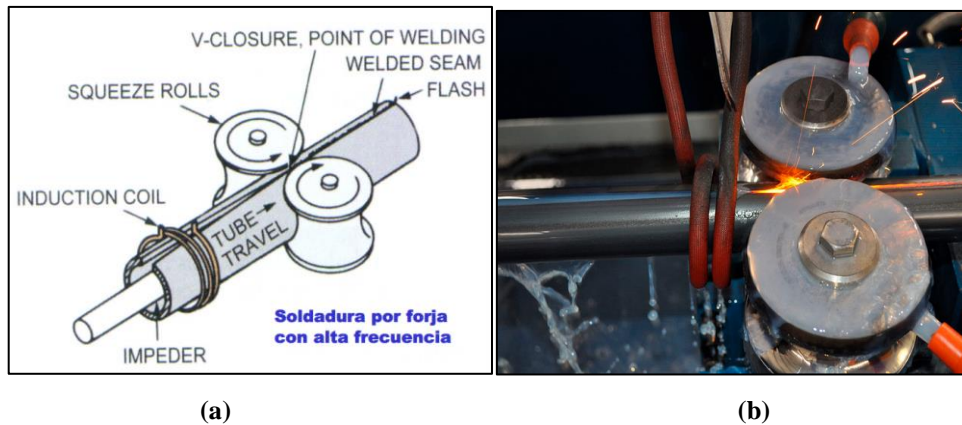


Figura 2-18 Representación de soldadura por alta frecuencia (a) esquemática, (b) real.

Fuente: Industria procesadora de acero IPAC S.A.

En la producción de tubo soldado a tope, donde se conduce la corriente a través de dos contactos deslizantes en los bordes de los tubos laminados, los bordes calientes se presan entre sí, pasando al tubo por un par de rodillos de presión. (Serope & Steven, 2002, p. 808)

- Luego de soldados a tope los bordes, se elimina la rebaba producida.



Figura 2-19 Desbaste de la rebaba producida en la soldadura.

Fuente: Industria procesadora de acero IPAC S.A

- Para concluir con el conformado de la tubería y luego de haber atravesado por los procesos de formación y soldadura es momento de calibrar las dimensiones finales del tubo, esto se lo consigue en la siguiente bancada que opta por llamarse bancada calibradora.



Figura 2-20 Calibración de dimensiones (Bancada Calibradora)

Fuente: Industria procesadora de acero IPAC S.A

- El tubo es cortado según la longitud requerida a través de un sistema de corte automático por sierra circular o por una cisalla inducida por presión neumática.



Figura 2-21 Proceso de corte mediante disco de sierra.

Fuente: Industria procesadora de acero IPAC S.A

- Por último se realiza las pruebas de hermeticidad a cada unidad de tubería .

2.5.15 Bombas

Los conceptos de bombas y clasificación de las mismas se ha tomado de (Ravell Roca, 1999).

Generalidades

Las bombas son elementos mecánicos que extraen energía de un líquido que fluye para luego agregar esa misma energía a un sistema con la finalidad de obtener un incremento de presión, además estos elementos son diseñados con el propósito de elevar un fluido desde un nivel determinado hasta otro nivel más alto, o a su vez son elementos encargados de convertir la energía mecánica en hidráulica.

Según la necesidad o aplicación se empleará uno u otro tipo de bomba.

2.5.15.1 Bombas hidrostáticas

Llamadas también de desplazamiento positivo, independiente del valor de presión a la salida de la bomba, estas suministran el mismo caudal en cada revolución o ciclo del sistema, su clasificación está en base a su esfuerzo lineal y rotativo denominándolas bombas oscilantes y rotativas respectivamente.

2.5.15.2 Caudal

Ocasionalmente llamado como tasa de flujo o descarga, se refiere simplemente a la rapidez con que cierta cantidad o volumen de flujo atraviesa por una determinada sección.

Se la determina mediante la aplicación de su expresión matemática que es la siguiente: (Crowe, Elger, & Roberson, 2006, p. 97).

$$Q = A * v \qquad \text{Ecuación 2.19}$$

Dónde:

Q=caudal [m³/min]

A=área de la sección [m²]

v=velocidad [m/s]

El caudal teórico es simplemente superior al caudal real en función del rendimiento volumétrico de la bomba, es decir de las fugas internas de la misma.

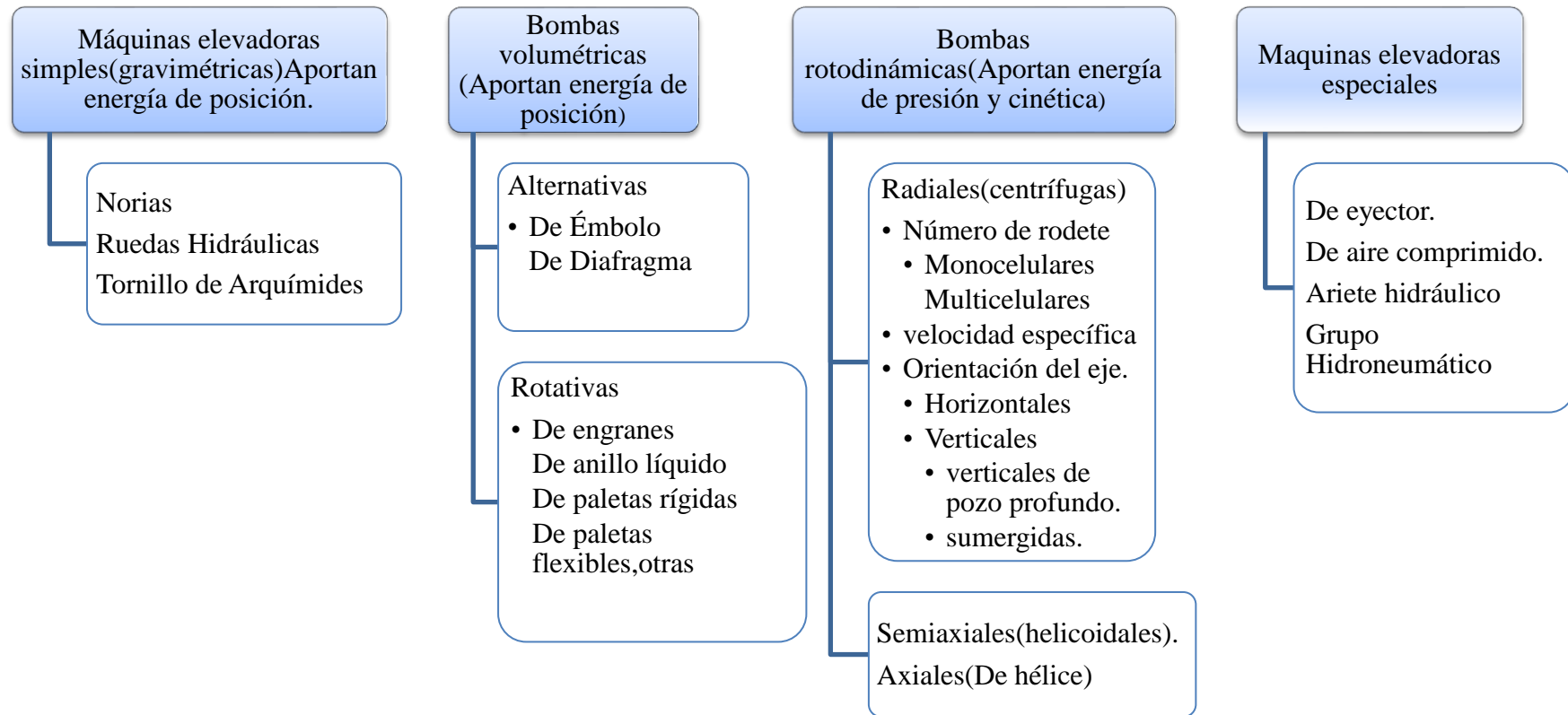


Figura 2-22 Clasificación de las máquinas elevadoras de líquidos.

Fuente: Ravell Roca, Felip, (1999), Oleohidráulica básica y diseño de circuitos.

2.5.15.3 Pérdidas, rendimientos y potencias.

Todas las pérdidas de energía que se originan entre las secciones de entrada y salida de la bomba que se presentan en el funcionamiento de la misma se clasifican en tres grupos distintos: (Mataix Claudio, 1986, p. 390).

a) Pérdidas hidráulicas (P_h^r)

b) Pérdidas volumétricas (P_v^r)

c) Pérdidas mecánicas. (P_m^r)

Rendimiento volumétrico (η_v)

Es la relación entre el caudal de líquido que comprime la bomba y el que teóricamente debería comprimir, conforme a su geometría y a sus dimensiones.

$$\eta_v = \frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{teórico}}} \quad \text{Ecuación 2.20}$$

Donde:

η_v =rendimiento volumétrico [adimensional]

Q_r =caudal real [lts/min]

Q_t =caudal teórico [lts/min]

Este rendimiento volumétrico oscila entre el 80 y el 99% según el tipo de bomba, su construcción y sus tolerancias internas, y según las condiciones específicas de velocidad, presión, viscosidad del fluido, temperatura, etc.

“El valor η_v de la bomba centrífuga depende en sumo grado del estado de sus empaquetaduras. Estas últimas se desgastan muy rápidamente, particularmente cuando la bomba trabaja con líquidos agresivos” (Cherkasski, 1986, p. 114).

Rendimiento mecánico η_m

Determina las pérdidas de energía mecánica que se producen en el interior de la bomba, ocasionadas por el rozamiento y la fricción de sus mecanismos.

“En términos generales se puede afirmar que una bomba de bajo rendimiento mecánico es una bomba de desgaste acelerado, principalmente debido al rozamiento que sufre las partes en movimiento”.

En una bomba considerada ideal el rendimiento mecánico es 100% porque no existe rozamiento y el trabajo útil es igual al trabajo producido (potencia de salida igual a potencia de entrada). Mientras que el rendimiento mecánico en una bomba real es siempre menor que 100%, debido a las pérdidas de energía por rozamiento interno que surge durante el funcionamiento.

$$\eta = \frac{P_A}{P_I} \quad \text{Ecuación 2.21}$$

Dónde:

η : rendimiento mecánico [adimensional]

P_A : potencia entregada al fluido [kw]

P_I : potencia de entrada a la bomba (potencia de placa) [kw]

La potencia entregada al fluido P_A se la calcula con la siguiente expresión:

$$P_A = h_A * \gamma * Q \quad \text{Ecuación 2.22}$$

Donde:

h_A = energía agregada al fluido a través de un dispositivo mecánico[m]

Q =caudal [lts/min]

γ =peso específico [N/m³]

Rendimiento total de una bomba η_{tot}

Es el producto de sus rendimientos volumétrico y mecánico

$$\eta_{tot} = \eta_v \cdot \eta_m \quad \text{Ecuación 2.23}$$

Donde:

η_{tot} =rendimiento total [adimensional]

η_v =rendimiento volumétrico [adimensional]

η_m =rendimiento mecánico [adimensional]

Se tiene estimación que el rendimiento total de una bomba nueva puede oscilar entre el 50 y el 90%, dichos valores disminuirán con el uso y el desgaste de los elementos de estanqueidad internos de la bomba.

“De forma general se puede afirmar que el rendimiento de las bombas hidráulicas es elevado; oscila sobre el 90%, aunque también existen bombas con rendimientos menores, de orden del 80%” (Mataix Claudio, 1986, p. 392).

2.6 HIPÓTESIS

La optimización de las propiedades termofísicas del fluido utilizado para el desarrollo de pruebas hidrostáticas en tubería de acero permitirá mejorar la fiabilidad en el sistema de presurización.

2.7 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.7.1 Variable independiente

Estudio de las propiedades termofísicas del fluido utilizado para prueba hidrostática.

2.7.2 Variable dependiente

Sistema de presurización.

2.7.3 Término de relación

Permitirá mejorar.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

El trabajo ejecutado se desarrolló utilizando variables cuantitativas de tipo continuo, se trabajó con datos numéricos, siendo estos explicativos para establecer relación entre las variables planteadas.

La información requerida para el presente estudio tuvo respaldo en fichas y catálogos técnicos, internet y sobre todo en libros y tesis realizadas en este campo, por lo que resta decir que las fuentes de información de segundo orden se fijaron plenamente a resúmenes, listados, apuntes y lo más rescatable fue el conocimiento empírico o dicho de otra manera la experiencia adquirida a través de los años del personal de mantenimiento de la entidad mencionada; así también para el análisis de resultados se utilizaron gráficas de dispersión, gráficas de barras, tablas, entre otros.

3.2 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Investigación bibliográfica-documental.

El contenido de este estudio estuvo sujeto a la prescripción de libros, tesis, revistas, catálogos, manuales, y demás documentos y fichas técnicas referidas al tema, además fue sustentado por la aplicación de normas las cuales brindaron la suficiente veracidad de información.

3.2.2 Investigación de campo.

Se utilizó la investigación de este tipo con la finalidad de conocer de cerca la realidad y diagnosticar los problemas e inconvenientes existentes. El presente trabajo se realizó en instalaciones (planta de producción) IPAC S.A, lugar donde se tomaron muestras pertinentes para realización de los respectivos análisis.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Para el estudio se emplearan los siguientes tipos:

3.3.1 Investigación descriptiva.

El estudio optó la modalidad de investigación descriptiva con el fin de describir las propiedades y/o características tanto del fluido utilizado como del rendimiento alcanzado por el equipo de presurización.

3.3.2 Asociacion de variables

La relación de las dos variables, dependiente e independiente representó gran importancia, siendo éstas con las que se señaló la dependencia de los parámetros de la investigación.

3.3.3 Explicativa

Este estudio fue explicativo por que los resultados permitieron dar una explicación a la industria acerera sobre las ventajas mecánicas y económicas obtenidas al tratar de utilizar un fluido con características distintas al fluido que se utiliza actualmente en la ejecución de pruebas de hermeticidad.

3.3.4 Deductiva

El desarrollo de este estudio se realizó a partir de conceptos de mecánica de fluidos, los mismos que para poder realizarse se partió desde el montaje de un banco de pruebas el cual representa esquemáticamente al montaje de una red hidráulica.

3.3.5 Inductiva

Con los datos obtenidos experimentalmente a partir del banco de pruebas se determinó valores de caudal, presión y por supuesto los rendimientos y/o eficiencias alcanzados por el equipo de bombeo

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

Debido a la gran cantidad de propiedades presentes en el fluido se opta por referir

específicamente a las propiedades termofísicas en el fluido a ser analizado, considerándose así una población finita, las cuales pueden variar y se las pueda relacionar con la fiabilidad en el sistema de presurización.

3.4.2 Muestra.

El estudio precisa realizar muestreo de tipo experimental, como ya se explicó que la población es de carácter finito refiriéndose específicamente a las propiedades termofísicas del fluido, se considerará como muestra la, viscosidad, densidad, nivel de limpieza, teniendo presente que se realizaran pruebas con dos tipos de fluidos, con las que obtendremos valores de caudal, presión y encontraremos los rendimientos o eficiencias en el sistema de bombeo.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 Variable Independiente: Estudio de las propiedades termo físicas del fluido utilizado para prueba hidrostática.

Tabla 3.1 Operacionalización (Variable Independiente)

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos.
Las características o propiedades que presentan los fluidos tienen mayor influencia en el rendimiento y duración de cualquier sistema hidráulico, resulta primordial utilizar fluidos limpios y de calidad para lograr un funcionamiento eficiente del sistema.	Propiedades que presenta el fluido actualmente. Composición, apropiada del fluido (agua-aceite) %	Viscosidad, densidad, temperatura, aspecto. Capacidad de lubricación.(Fracción volumétrica)	Poca lubricidad en el sistema, desgaste en elementos mecánicos, grado de contaminación. (90-95)% agua-5% aceite	-Observación Directa. -Informes, resultados de laboratorio. -Documentación y Normas Técnicas. -Documentación Bibliográfica.

Elaborado Por: Edison Rafael Coca Jiménez

3.5.2 Variable Dependiente: Sistema de presurización de equipo de prueba hidrostática.

Tabla 3.2 Operacionalización (Variable Dependiente)

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos.
.La eficiencia o rendimiento de un sistema hidráulico (bomba de presión) se define mediante tres rendimientos (volumétrico, mecánico, global) y su confiabilidad se relaciona con el nivel de pureza que presente el fluido con el que trabaja ,	Rendimiento volumétrico, mecánico total o global. Tiempo de vida útil de la bomba de presión.	¿Cuál será el caudal que debe entregar la bomba? ¿Cuál será la presión que debe entregar la bomba? -Consumo de energía necesario para producir la presión hidráulica nominal del sistema. Tiempo (días, semanas, meses)	-Caudal entregado por la bomba Q (Its/seg). -Valores de presión alcanzado por la Bomba (Psi). -Producto de los rendimientos volumétrico y mecánico. -Ordenes de recepción y entrega (Bodega IPAC S.A).	-Documentación Técnica-Bibliográfica. -Manómetro. Observación directa. -Fichas de control de materiales y repuestos.

Elaborado Por: Edison Rafael Coca Jiménez

3.6 RECOPIACIÓN DE DATOS

Una vez realizado el desarrollo de la operacionalización de variables se recolectó la información necesaria por medio de la siguiente técnica e instrumentos.

3.6.1 Observación

Se tuvo en cuenta datos importantes que ocurrieron en el preciso instante en que se realizaron los ensayos tales como fechas, características o algún aspecto que sea relevante en el proceso para poder contar con una base solvente de información.

Se utilizó el denominado cuaderno de notas y como medio alternativo se utilizaron los equipos de cómputo ubicados en instalaciones de IPAC.

Otros medios de recolección de información fueron los análisis ejecutados en los laboratorios de la FICM (Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica), laboratorios de LACONAL de la FCIAL (Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos) de la Universidad Técnica de Ambato, entre otros laboratorios de diferentes universidades.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.7.1 Plan de recolección de la información

La recolección de datos se los realizó de una manera subjetiva los mismos que de un modo minucioso fueron seleccionados. En su totalidad se aplicó la técnica de observación directa visualizados en el banco de pruebas.

3.7.1.1 Descripción del montaje de banco de pruebas .

Para simular el efecto de presurización con el equipo de bombeo utilizando distintos tipos de fluido se realizó el montaje de un banco de pruebas el mismo que se detalla bajo las siguientes prescripciones.

- El esquema consta de dos bombas instaladas en circuitos independientes, esto con el propósito de establecer diferencias de desempeño de acuerdo al fluido utilizado para la ejecución de las pruebas a realizarse.

- La tubería utilizada para la conducción del fluido es de PVC, sus accesorios son del mismo tipo, el esquema describe un circuito cerrado, es decir el fluido permanece en recirculación constante durante el tiempo de operatividad.
- Además se ha colocado un panel eléctrico el cuál es el encargado de controlar la ejecución y ciertos parámetros de su funcionamiento. El aspecto más importante de este panel es el dar realismo al desarrollo de la pruebas de hermeticidad ya descrita en capítulos anteriores.

Desarrollo del circuito o panel eléctrico.

Tabla 3.3 Componentes del banco de pruebas

Componentes Eléctricos	
Descripción	cantidad
Pulsador NA(Normalmente abierto)	1
Pulsador NC(Normalmente cerrado)	1
Contactador(se requiere con tres contactos abiertos)	1
Temporizadores (segundos)	2
Electroválvulas	2
Caja o tablero de control	1

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

- Luego de ubicados todos los componentes en el interior de la caja o tablero de control y una vez realizada las conexiones pertinentes el desarrollo del esquema eléctrico permite describir sus características de desempeño.
- Una vez que se accione o se entregue el pulso de inicio (ON) se energiza el circuito en todos sus componentes, activándose así bombas y electroválvulas de manera simultánea en este instante empieza un ciclo intermitente en el funcionamiento de las electroválvulas, mientras que por otro lado el accionamiento de las bombas permanecerá de forma continua, los tiempos de apertura y cierre están controlados y se los puede variar manipulando los temporizadores denominados Timer 01 para activar y Timer 02 para desactivar la bobina de la válvula de control.
- El circuito se desactiva totalmente al presionar (OFF).

3.7.2 Plan de procesamiento de la información.

Para el procesamiento de la información, fue necesario tener en cuenta las características de operación y funcionamiento iniciales en el sistema de bombeo siendo éstas caudal, presión y todo lo concerniente a cálculos relacionados a mecánica de fluidos.

Finalizados los ensayos, los mismos que fueron evaluados comparativamente de acuerdo al tipo de fluido con el que se puso en marcha el equipo de bombeo, se empleará hojas de cálculo que permitirán ejecutar operaciones de cálculo y tabulación correspondientes al proyecto permitiendo reducir de manera notable su tiempo de ejecución.

3.7.3 Análisis e interpretación de resultados.

Una vez realizado el estudio de las propiedades del fluido utilizado para la realización de prueba hidrostática, se determinará su incidencia en el rendimiento de la bomba de presión.

Se procederá a la interpretación de los resultados obtenidos mediante la elaboración de tablas, gráficas de valores, gráficas de comparación, también se lo interpretará basándose en el marco teórico pertinente, tratando de que estos resultados cumplan con nuestros objetivos y sobretodo tenga relevancia con la hipótesis planteada para finalmente poder establecer las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se muestra los datos obtenidos en el presente estudio que analiza las propiedades termofísicas del fluido utilizado, tomando en consideración su nivel de limpieza, para prueba hidrostática y su influencia en el sistema de presurización, éstos se apreciarán en forma de tablas y gráficas en las que se lograra representar su eficiencia alcanzada por el equipo de bombeo, tanto en rendimiento como en tiempo de vida útil.

Tabla 4.1. Características de motor y bomba centrífuga modelo PKm 60

Requisitos Hidráulicos			
Bomba Centrífuga	Símbolo	Dimensión	Unidad
Caudal	Q	40	lts/min
Altura máxima	Hmax	40	m
Potencia	P	0.5	Hp
Voltaje	V	115/230	Voltios
Intensidad	A.	2.5	Amperios
Frecuencia	H _z	60	Hertzios
RPM	N	3400	rpm

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Catálogo de bomba PAOLO modelo PKm 60

Tabla 4.2. Requisitos hidráulicos de instalación (Tuberías)

Tubería PVC	Símbolo	Dimensión	Cantidad. (m)
Diámetro tubería succión	D	1	0.3
Diámetro tubería descarga	D	1	0.3
Diámetro tubería que conforman el circuito.	D	3/4	0.56
		1/2	2.5

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Tabla 4.3. Requisitos hidráulicos de instalación (Accesorios)

Accesorios	Dimensión	Cantidad
Codo estándar 90°	1 plg	2
Codo estándar 90°	½ plg	5
Junta universal	1 plg	1
Junta universal	¾ plg	1
Conector	½ plg	2
Reductor	1 - ¾ plg	1
Reductor	¾ – ½ plg	1
Electroválvula	½ plg	1
Manómetro	--	1



Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Banco de pruebas

Para la realización del análisis de resultados se ha tenido muy en cuenta el tipo de fluido con que fue puesto en operación el equipo de bombeo, con el propósito de encontrar el fluido más adecuado de acuerdo a las características y propiedades que éste presenta para obtener valores apropiados tanto en confiabilidad como en sus eficiencias y/o rendimientos.

En el siguiente recuadro se resume el tiempo de operatividad de cada uno de los circuitos y el tipo de fluido con el que se desarrolló las pruebas correspondientes.

Tabla 4.4 Especificaciones hidráulicas (Fluidos de operación)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 					
Tiempo de Operación(días)	Tipo Bomba	Dimensiones	Fluido 01	Fluido 02	
			Agua Común	Taladrina (Aceite Soluble)	
				No contaminado	Contaminado con polvo metálico
(0-30)días	A	Caudal (lts/min)	constante	---	constante
		Presión (Psi)	constante	---	constante
	B	Caudal (lts/min)	---	constante	---
		Presión (Psi)	---	constante	---
>30 días	A	Caudal (lts/min)	constante	---	decremento
		Presión (Psi)	constante	---	decremento
	B	Caudal (lts/min)	---	constante	---
		Presión (Psi)	---	constante	---

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Banco de pruebas

Las características o propiedades de los fluidos empleados para la realización de las pruebas correspondientes se las presenta a continuación:

Tabla 4.5. Propiedades termofísicas del agua

Propiedades termofísicas del agua	
Agua Común	Propiedades
Temperatura	20°C
Densidad	998 kg/m ³
Peso específico	9.79 kN/m ³
Viscosidad cinemática	1.02 x 10 ⁻⁶ m ² /s
Viscosidad dinámica	1.02 x 10 ⁻³ Pa.s
Aspecto	Limpio

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Mataix, C (1986), Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas.

Tabla 4.6 Propiedades termofísicas del aceite soluble

Propiedades termofísicas de la taladrina (aceite soluble)	
Emulsión aceite-agua	Resultados
Temperatura	15.6 °C
Densidad relativa	1001.9
Peso específico	9.83 kN/m ³
Viscosidad cinemática	2.80 x 10 ⁻⁵ m ² /s
Aspecto	Con sólidos en suspensión

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: LACONAL (FCIAL-UTA)

En la siguiente tabla se muestra las dimensiones de la tubería utilizada para la conformación del banco de pruebas.

Tabla 4.7 Dimensiones para distintos tipos de tubería pvc cédula 40.

Dimensiones de tubería PVC					
Diámetro nominal	Diámetro interior			Área	
	(in)	m	(mm)	pies ²	m ²
D.exterior (plg)					
1	1,033	0,0262	26,2	0,00580	5,39E-04
3/4	0,824	0,0209	20,9	0,00369	3,43E-04
1/2	0,609	0,0155	15,5	0,00203	1,89E-04

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Válvulas y Termoplásticos Industriales, S.A de C.V.

4.1.1 Análisis de los parámetros en el equipo de bombeo utilizado.

Para representar los resultados obtenidos, basados en las expresiones o ecuaciones matemáticas fundamentadas en el desarrollo del marco teórico se precisa la siguiente explicación de forma general, ya que los resultados se presentaran de forma independiente según el fluido de operación y tiempo de ejecución de la prueba correspondiente.

- Selección de las propiedades que presenta el fluido de trabajo:
 - Agua.(propiedades según tabla 4.5)
 - Taladrina (aceite soluble) (propiedades según tabla 4.6)
- Obtención de las especificaciones de la bomba empleada para el desarrollo de este tipo de prueba. Las especificaciones son tomadas según la tabla 4.2.
- Como la disposición en el montaje del circuito consta de múltiples diámetros y es de material PVC la especificación en sus dimensiones como diámetros externos e internos, área de flujo son según la tabla 4.7.
- Según lo anterior descrito el siguiente paso es calcular la velocidad en cada uno de los tramos de acuerdo a la sección, para esto utilizamos la ecuación 2.19 referente al caudal, de la cual despejamos la variable que se refiere a la velocidad de donde tenemos.

$$v = \frac{Q}{A}$$

- Con los datos encontrados lo siguiente es determinar el régimen en el que se encuentra el fluido de trabajo, para esto necesitamos saber el valor del número de Reynolds según la ecuación 2.14.
- De acuerdo al régimen (laminar o turbulento) que se encuentre el fluido, encontramos f (factor de fricción) utilizando la ecuación 2.17.
- Este procedimiento se debe realizar con todas las secciones de la cual consta el diseño del circuito.
- Para la obtención de pérdidas secundarias ocasionadas por accesorios (válvulas o dispositivos de cierre) de todo el circuito utilizamos la ecuación 2.18.

$$h_L = k * \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

- En el caso de los cambios de sección o contracción súbita el coeficiente de resistencia K se lo ha tomado del anexo A2.
- Las pérdidas de energía primarias y secundarias de todo el circuito se las relaciona en base a la siguiente expresión.

$$h_{L(\text{total})} = h_{L(\text{tubería})} + h_{L(\text{contrac.súbita})} + h_{L(\text{accesorios})}$$

- Por consiguiente utilizamos la ecuación general de la energía ecuación 2.12

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

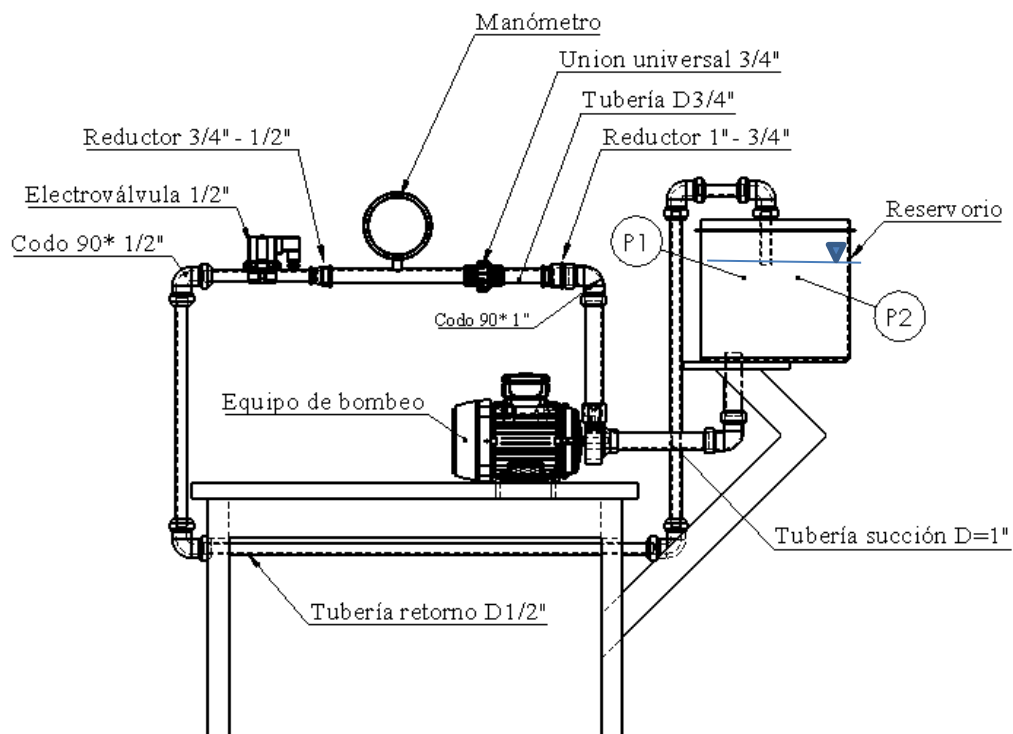


Figura 4-1 Montaje de banco de pruebas.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Según referencia de donde están ubicados los puntos tenemos que P1, P2, v1, v2 son aproximadamente igual a cero, la ecuación queda representada de la siguiente manera.

$$z_1 + h_A - h_L = z_2$$

- Como necesitamos calcular la potencia que se suministra a la bomba, resolvemos la ecuación en función de la carga total donde la expresión h_A queda representada así.

$$h_A = (z_2 - z_1) + h_L$$

- Para calcular el valor de la potencia transmitida al fluido empleamos la ecuación 2.22.

$$P_A = h_A * \gamma * Q$$

- Una vez obtenido el valor de P_A se puede proceder a la obtención de los rendimientos.
 - Para encontrar el rendimiento volumétrico utilizamos la ecuación 2.20.
 - Para encontrar el rendimiento mecánico utilizamos la ecuación 2.21.
 - Para encontrar el rendimiento total de la bomba utilizamos la ecuación 2.23.
 - Para encontrar el rendimiento de la bomba en el sistema utilizamos la expresión 2.21 modificada de la siguiente manera.

$$\eta = \frac{PI - PA}{PI}$$

- Aplicar el mismo procedimiento si el montaje del circuito tiende a variar y/o cambiar su configuración.

4.1.2 Interpretación de resultados en un período de tiempo $t < seis$ semanas.

4.1.2.1 Análisis de resultados obtenidos en el equipo de bombeo utilizando agua como fluido de trabajo .

En este ítem se realiza las pruebas correspondientes para obtener los valores de caudal y presión los que conjuntamente con valores de sus propiedades son los datos con que se realizará los respectivos cálculos para la obtención de rendimientos, los mismos que al final serán evaluados comparativamente según el fluido utilizado y el tiempo de ejecución de la prueba.

El valor del caudal real se lo representa con un valor promedio de mediciones iterativas realizadas. Es importante recalcar que los resultados mostrados son durante un lapso comprendido entre (5-6) semanas. En la siguiente tabla se muestra las características de la prueba realizada y a continuación se detalla de manera gráfica los resultados obtenidos, para posteriormente presentar todos los parámetros encontrados.

Tabla 4.8 Hoja de resultados utilizando agua como fluido de trabajo.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING. MECÁNICA 				
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS				
Autorizado por:	Ing. Luis Escobar	Ejecutado por:	Rafael Coca J.	
Revisado por:	Ing. Luis Escobar	Fecha ejecución:	Julio/2014	
ESPECIFICACIONES DE PRUEBA				
Tipo Fluido	Agua	Parámetros a analizar		
Nominación	Bomba A y B	Caudal real(l/min)	Presiones de Prueba(Psi)	
Método Empleado	Iterativo	Válvula Solenoide		
Tiempo (prueba)	seis semanas	Activada(EA)	Desactivada(EC)	
Tiempo de control para Solenoides	“segundos”	Timer 01	Timer 02	
		10	10	
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS				
Parámetros en estudio		Activada(EA)	Desactivada(EC)	
Volúmen:	39,8 lts/min	Presión:	55Psi	25Psi

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Las gráficas detallan caudal y presión alcanzado en el tiempo de prueba estimado.

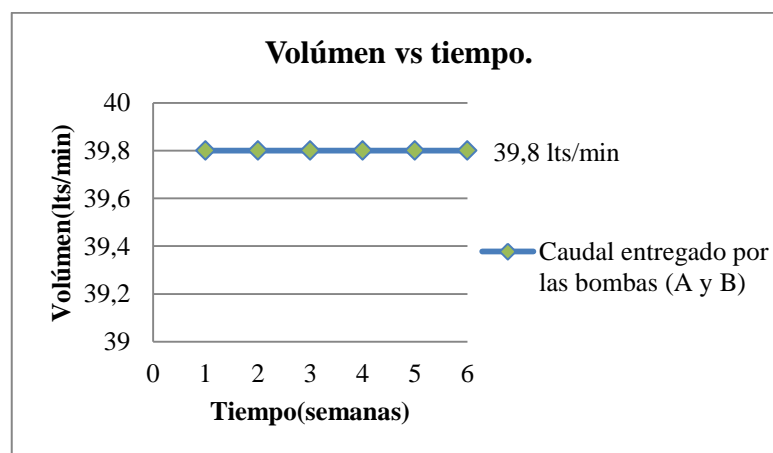


Figura 4-2 Volúmen alcanzado por la bomba A y B utilizando agua en un período $t < seis$ semanas.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

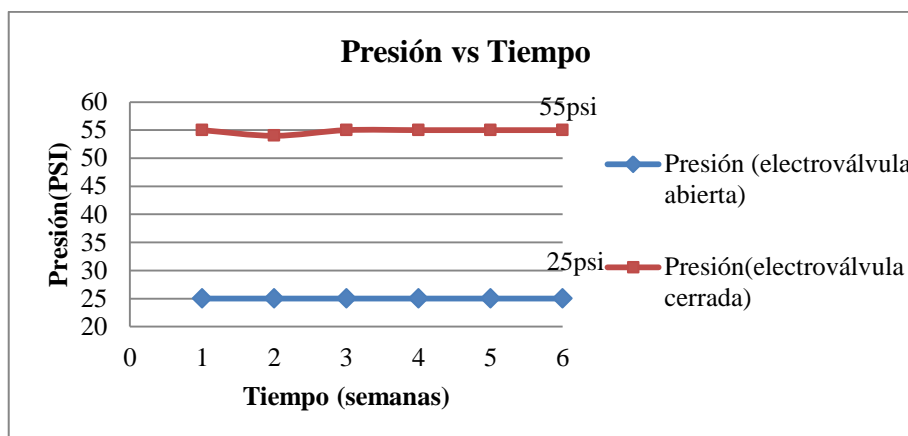


Figura 4-3 Presión alcanzada por la bomba A y B utilizando agua en un período $t < seis$ semanas.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

A continuación se muestra los valores obtenidos aplicando las ecuaciones matemáticas, y siguiendo el proceso descrito en el ítem 4.1.1.

Tabla 4.9 Representación de resultados del sistema de presión en estudio.

Hoja de resultados del sistema en estudio							
Ø tubería(plg)	velocidad (m/seg)	NRe (Reynolds)	Rugosidad (D/ε)	factor f	(L/D)	$v^2/2g$	hl(m)
1	1,237	31762,699	87333,333	0,023	22,901	0,078	0,041
3/4	1,943	39817,354	69666,667	0,022	26,794	0,192	0,113
1/2	3,533	53689,207	51666,667	0,021	167,742	0,636	2,189
hl(tubería)							2,344

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Tabla 4.10 Pérdidas menores contracciones súbitas

Pérdidas Menores (Contracciones súbitas)			
Contracción Súbita	Relación Diámetros(D1/D2)	K	hl(m)
(1-3/4)	1,254	0,106	0,020
(3/4-1/2)	1,348	0,135	0,086
hl(contracción súbita)			0,106

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Tabla 4.11 Pérdidas en accesorios.

Pérdidas en Accesorios					
Descripción	Cant.	(Le/D)	fT(Moody)	hl unitario(m)	hl total (m)
codo estándar 90 ° (1 ")	2	30	0,0090	0,021	0,042
codo estándar 90° (1/2")	5	30	0,0085	0,162	0,811
Junta universal (1")	1	20	0,0090	0,014	0,014
Junta universal(3/4")	1	20	0,0088	0,034	0,034
conector(1/2")	2	20	0,0085	0,108	0,216
electroválvula(1/2")	1	150	0,0085	0,811	0,811
				hl (accesorios)	1,929

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Las pérdidas totales de energía en el circuito quedan representadas así:

$$h_{L(\text{total})} = h_{L(\text{tubería})} + h_{L(\text{contrac.súbita})} + h_{L(\text{accesorios})}$$

$$h_{L(\text{total})} = 2,344 + 0,106 + 1,929$$

$$h_{L(\text{total})} = 4.379(\text{m})$$

A continuación se presenta un resumen con los resultados de rendimientos.

Tabla 4.12 Resultados de rendimientos alcanzados utilizando agua como fluido de trabajo.

RESULTADOS DE RENDIMIENTOS					
Descripción	(m)	watt(w)	hp	valor	% η
hl (total sistema)	4,38				
hA	4,98				
PA		42,76	0,06		
Eficiencia Mecánica (e)				0,11	11,47
Eficiencia bomba η				0,89	88,53
Eficiencia volumétrica ηv				0,99	99,40
Eficiencia total ηt				0,11	11,40

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

4.1.2.2 Análisis de resultados obtenidos en el equipo de bombeo utilizando taladrina (aceite soluble) como fluido de trabajo.

Para el siguiente apartado las pruebas se realizan con la instalación de un sistema de filtrado el mismo que tiene por propósito retener la mayor cantidad de partículas contaminantes a fin de establecer diferencias con el funcionamiento del circuito que no posee un sistema de filtración.

El esquema bajo el que se procede al respectivo análisis es el siguiente:

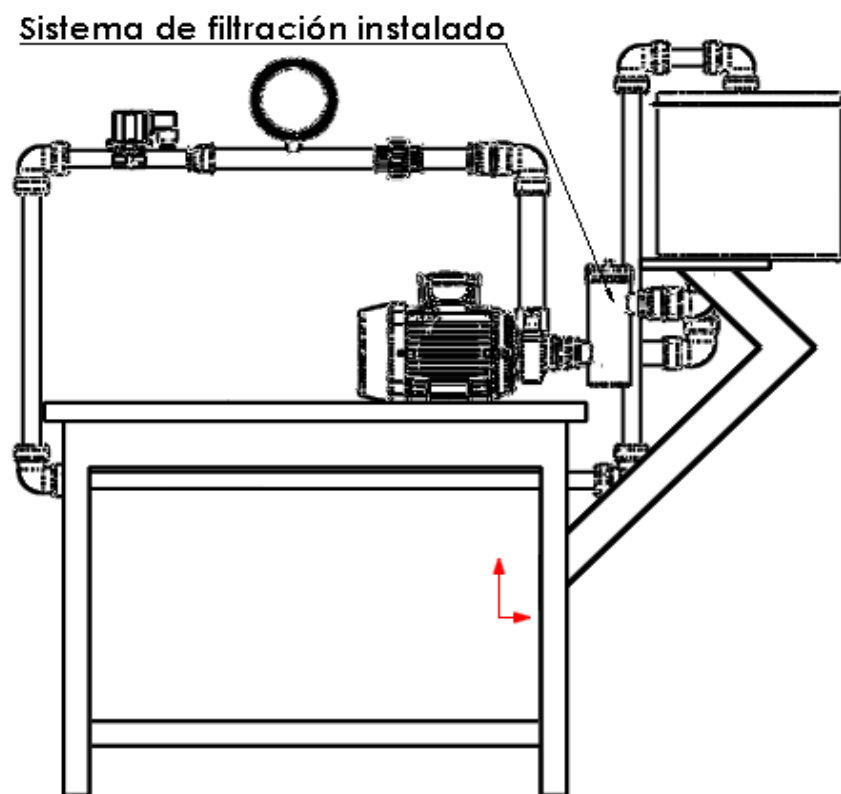


Figura 4-4 Montaje de banco de pruebas con instalación de sistema de filtrado.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Los componentes son los mismos en cantidad y en dimensiones a los representados en la fig. 4.1 (Montaje de banco de pruebas)

De igual manera el caudal se obtiene a través de mediciones iterativas. El valor encontrado es con el que se procederá a realizar todos los cálculos correspondientes, con los que se encontrarán y se establecerán los rendimientos del equipo de bombeo utilizado para el desarrollo de las pruebas.

Tabla 4.13 Hoja de resultados utilizando taladrina (filtrada) como fluido de trabajo.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING. MECÁNICA 			
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por:	Ing. Luis Escobar	Ejecutado por:	Rafael Coca J.
Revisado por:	Ing. Luis Escobar	Fecha ejecución:	Julio/2014
ESPECIFICACIONES DE PRUEBA			
Tipo Fluido	Taladrina (Filtrada)	Parámetros a analizar	
Nominación	Bomba B	Caudal real(l/min)	Presiones de Prueba(Psi)
Método Empleado	Iterativo	Válvula Solenoide	
Tiempo de Prueba	Seis semanas	Activada(EA)	Desactivada(EC)
Tiempo de control para Solenoides	"segundos"	Timer 01	Timer 02
		10	10
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS			
Parámetros en estudio		Activada(EA)	Desactivada(EC)
Volúmen:	39,90 lts/min	Presión:	55Psi / 25Psi

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Las gráficas detallan caudal y presión alcanzado en el tiempo de prueba estimado.

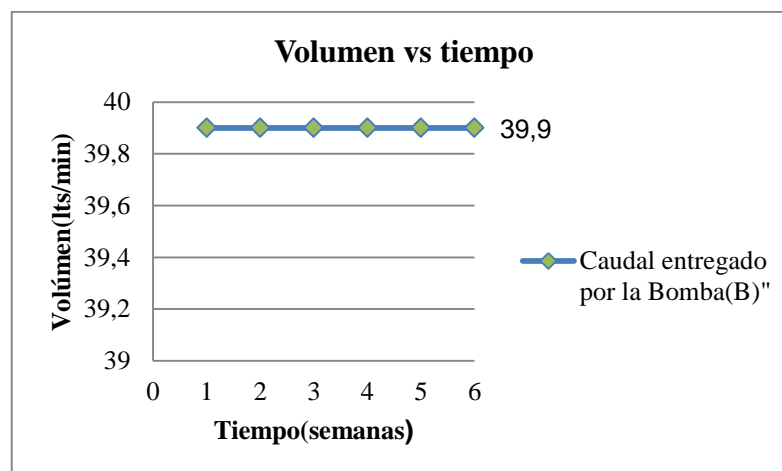


Figura 4-5 Volúmen alcanzado por la bomba B utilizando taladrina filtrada en un período t < seis semanas.

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

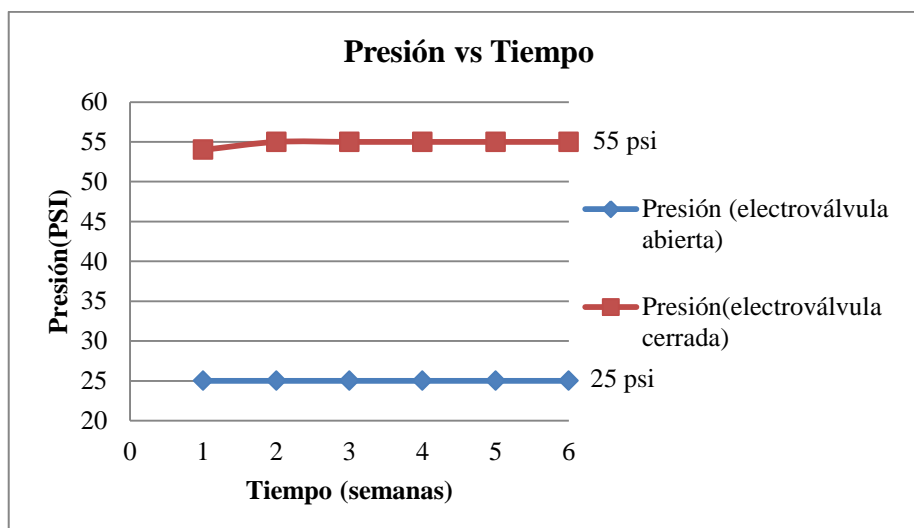


Figura 4-6 Presión alcanzada por la bomba B utilizando taladrina filtrada en un período $t <$ seis semanas.

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

A continuación se muestra los valores obtenidos aplicando las ecuaciones matemáticas, y siguiendo el proceso descrito en el ítem 4.1.1.

Tabla 4.14 Representación de resultados del sistema de presión en estudio.

Hoja de resultados del sistema en estudio							
Ø tubería (plg)	velocidad (m/seg)	NRe	Rugosidad (D/ε)	factor f	(L/D)	$v^2/2g$	hl(m)
1	1,237	1157,070	87333,333	0,063	22,901	0,078	0,112
3/4	1,943	1450,489	69666,667	0,057	26,794	0,192	0,296
1/2	3,533	1955,821	51666,667	0,052	167,742	0,636	5,498
hl(tubería)							5,906

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Tabla 4.15 Pérdidas menores contracciones súbitas

Perdidas Menores (Contracciones súbitas)			
Contracción Súbita	Relación Diámetros(D1/D2)	K	hl(m)
(1-3/4)	1,254	0,106	0,020
(3/4-1/2)	1,348	0,135	0,086
hl(contracción súbita)			0,106

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Tabla 4.16 Pérdidas en accesorios

Pérdidas en Accesorios					
Descripción	Cant.	(Le/D)	fT(Moody)	hl unitario(m)	hl total(m)
codo estándar 90 ° (1 ")	2	30	0,0090	0,021	0,042
codo estándar 90° (1/2")	5	30	0,0085	0,162	0,811
Junta universal (1")	1	20	0,0090	0,014	0,014
Junta universal(3/4")	1	20	0,0088	0,034	0,034
conector(1/2")	2	20	0,0085	0,108	0,216
electroválvula(1/2")	1	150	0,0085	0,811	0,811
				hl (accesorios)	1,929

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Las pérdidas totales de energía en el circuito quedan representadas así:

$$h_{L(total)} = h_{L(tubería)} + h_{L(contrac.súbita)} + h_{L(accesorios)}$$

$$h_{L(total)} = 5.906 + 0,106 + 1.929$$

$$h_{L(total)} = 7,94 \text{ (m)}$$

Tabla 4.17 Resultados de rendimientos alcanzados utilizando taladrina filtrada como fluido de trabajo.

RESULTADOS DE RENDIMIENTOS					
Descripción	(m)	watt(w)	hp	valor	% η
hl (total sistema)	7,94				
hA	8,54				
PA		70,57	0,09		
Eficiencia Mecánica (e)				0,189	18,93
Eficiencia bomba η				0,811	81,1
Eficiencia volumétrica ηv				0,998	99,8
Eficiencia total ηt				0,189	18,9

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

4.1.3 Interpretación de resultados en un período de tiempo $t >$ seis semanas.

4.1.3.1 Presentación de resultados obtenidos en el equipo de bombeo utilizando taladrina contaminada con polvo metálico(no filtrado) como fluido de trabajo.

Estos resultados se presenta únicamente para el uso de taladrina (aceite soluble) más contaminante de polvo metálico, puesto que es el fluido principal en estudio, y con el que se visualizan los decrementos en los parámetros a partir de un cierto tiempo de ejecución de las pruebas, a excepción de la utilización de agua o la misma taladrina libre de contaminantes (filtrada) como fluido de trabajo que sin importar el tiempo de desarrollo de las pruebas sus parámetros siguen siendo constantes. Obteniendo los siguientes valores.

Tabla 4.18 Hoja de resultados utilizando taladrina mas polvo metálico como fluido de trabajo.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING. MECÁNICA 				
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS				
Autorizado por:	Ing. Luis Escobar	Ejecutado por:	Rafael Coca J.	
Realizado por:	Ing. Luis Escobar	Fecha ejecución	Julio/2014	
ESPECIFICACIONES DE PRUEBA				
Tipo Fluido	Taladrina (No filtrado)	Parámetros a analizar		
Nominación	Bomba A	Caudal real(l/min)	Presiones de Prueba(Psi)	
Método Empleado		Iterativo	Válvula Solenoide	
Tiempo de Prueba		$t >$ Seis semanas	Activada(EA)	Desactivada(EC)
Tiempo de control para Solenoides		“segundos”	Timer 01	Timer 02
			10	10
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS				
Parámetros en estudio			Activada(EA)	Desactivada(EC)
Volúmen:	38 lts/min	Presión:	40Psi	12Psi

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

A continuación se muestra los valores obtenidos aplicando las ecuaciones matemáticas, y siguiendo el proceso descrito en el ítem 4.1.1.

Tabla 4.19 Representación de resultados del sistema de presión en estudio.

Hoja de resultados del sistema en estudio							
Ø tubería (plg)	Velocidad (m/seg)	NRe (Reynolds)	Rugosidad (D/ε)	factor f	(L/D)	v ² /2g	hl
1	1,237	1157,070	87333,333	0,063	22,901	0,078	0,112
3/4	1,943	1450,489	69666,667	0,057	26,794	0,192	0,296
1/2	3,533	1955,821	51666,667	0,052	167,742	0,636	5,498
hl(tubería)							5,906

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Tabla 4.20 Pérdidas menores contracciones súbitas

Perdidas Menores (Contracciones súbitas)			
Contracción Súbita	Relación Diámetros(D1/D2)	K	hl(m)
(1-3/4)	1,254	0,106	0,020
(3/4-1/2)	1,348	0,135	0,086
hl(contracción súbita)			0,106

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Tabla 4.21 Pérdidas en accesorios

Perdidas en Accesorios					
Descripción	Cant.	(Le/D)	fT(Moody)	hl(unitario)	hl(cant. total)
codo estándar 90 ° (1 ")	2	30	0,0090	0,021	0,042
codo estándar 90° (1/2")	5	30	0,0085	0,162	0,811
Junta universal (1")	1	20	0,0090	0,014	0,014
Junta universal(3/4")	1	20	0,0088	0,034	0,034
conector(1/2")	2	20	0,0085	0,108	0,216
electroválvula(1/2")	1	150	0,0085	0,811	0,811
hl (accesorios)					1,929

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

Las pérdidas totales de energía en el circuito quedan representadas así:

$$h_{L(\text{total})} = h_{L(\text{tubería})} + h_{L(\text{contrac.súbita})} + h_{L(\text{accesorios})}$$

$$h_{L(\text{total})} = 5.906 + 0,106 + 1.929$$

$$h_{L(\text{total})} = 7,94 \text{ (m)}$$

Tabla 4.22 Resultados de rendimientos alcanzados utilizando taladrina no filtrada como fluido de trabajo.

RESULTADOS DE RENDIMIENTOS					
Descripción	(m)	watt (w)	hp	valor	% η
hl (total sistema)	7,94				
hA	8,96				
PA		73,57	0,10		
Eficiencia Mecánica (e)				0,197	19,73
Eficiencia bomba η				0,803	80,3
Eficiencia volumétrica η_v				0,950	95,00
Eficiencia total η_t				0,187	18,75

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Resultados obtenidos del banco de pruebas.

4.2 Verificación de hipótesis

Hipótesis: La optimización de las propiedades termofísicas del fluido utilizado para el desarrollo de pruebas hidrostáticas en tubería de acero permitirá mejorar la fiabilidad en el sistema de presurización.

Comprobación: Luego de realizado el estudio se determinó que el fluido de trabajo utilizado por el equipo de presurización para la ejecución de prueba hidrostática en tubería de acero debe de situarse en un margen recomendable de pureza, luego de realizarse el proceso de filtrado el fluido se posiciona en una categoría de limpieza diferente, notándose variación en sus propiedades y estableciendo diferencias en sus rendimientos.

4.2.1 Análisis de métodos de limpieza a través de método comparativo.

Los resultados presentados son análisis de laboratorio, para el que se procedió a enviar muestras de fluido filtrado y fluido no filtrado teniendo en cuenta todos los cuidados posibles. Los resultados son los siguientes.

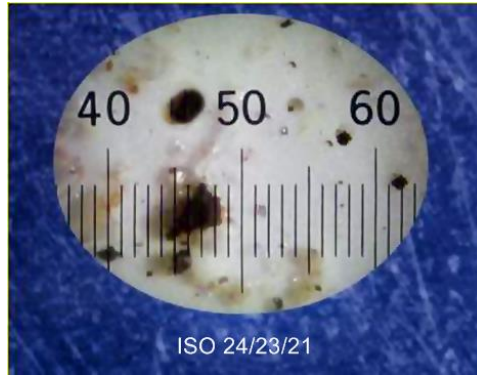


Figura 4-7 Nivel de limpieza ISO 24/23/21 para fluido no filtrado

Fuente: ASTRIVEN S.A

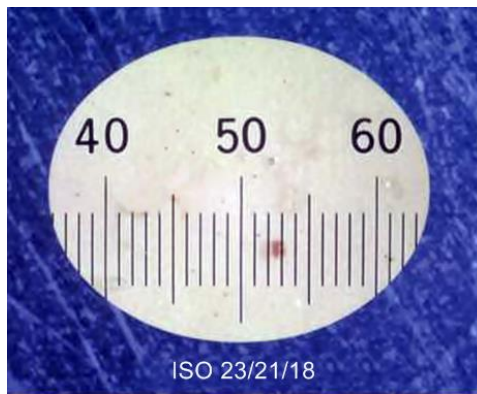


Figura 4-8 Nivel de limpieza ISO 23/21/18 para fluido filtrado.

Fuente: ASTRIVEN S.A

Los códigos ISO de limpieza se leen de la siguiente manera:

- Cada dígito separado por (/) corresponde a una cifra determinada de partículas por cada 100 ml de fluido analizado.
- Acudir a la tabla de representación de códigos ISO en donde se puede visualizar la cantidad de partículas presentes para cada dígito.

Tabla 4.23 Nivel de limpieza ISO 24/23/21*

Código	Tamaño de Partícula	Número de Partículas / mililitro	
		Desde	Hasta
24	> 4 micras	8000000	16000000
23	> 6 micras	4000000	8000000
21	> 14 micras	1000000	2000000

Fuente: ASTRIVEN S.A

Tabla 4.24 Nivel de limpieza ISO 23/21/18*

Código	Tamaño de Partícula	Número de Partículas/mililitro	
		Desde	Hasta
23	> 4 micras	4000000	8000000
21	> 6 micras	1000000	2000000
18	> 14 micras	130000	250000

Fuente: ASTRIVEN S.A

Se entiende que el código de limpieza obtenido luego de filtrarse el fluido representa una disminución notable en el número de partículas presentes, visualizar el anexo B3 en donde se aprecia el tamaño de partículas contaminantes en cada uno de los códigos de limpieza obtenidos.

Para el resto de cifras de acuerdo al nivel de limpieza o para entender de mejor manera sobre la lectura de los códigos ISO de limpieza revisar el anexo E3.

Una vez que se conoce el nuevo código de limpieza las propiedades que se originan son las que se visualizan a continuación.

Tabla 4.25 Propiedades del aceite soluble antes y después del proceso de filtrado.

Propiedades del aceite soluble (taladrina)		
Propiedades	Fluido no filtrado	Fluido filtrado
Densidad relativa	1.0019	0.960
Peso específico kN/m ³	9.83	9.42
Viscosidad cinemática m ² /s	2.80E-05	1.25E-06
Aspecto	Con sólidos en suspensión	Limpio

Fuente: LACONAL-FCIAL (UTA).

4.2.2 Relación entre valores obtenidos mediante método práctico para presión y volumen en diferente período de operación.

Los valores presentados son un resumen de los datos alcanzados en distintos períodos de tiempo, para la representación de variación de caudal y presión centramos la atención en el fluido principal (taladrina) con el que se identifica las diferencias al operarse con fluido libre de contaminantes y fluido altamente contaminado, para los cuales se realiza las pertinentes comparaciones gráficas.

Tabla 4.26 Resultados obtenidos método práctico en un período t<6semanas.

Resultados de caudal y presión método práctico.			
Parámetros	Bomba A(Agua)	Bomba A-Taladrina no filtrada (propiedades iniciales)	Bomba B-Taladrina filtrada(propiedades finales)
caudal promedio(lts/min)	39,800	39,9	39,9
presión EA(PSI)	25	25	25
presión EC(PSI)	55	55	55

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Banco de pruebas

Tabla 4.27 Resultados obtenidos método práctico en un período t>6semanas.

Resultados de caudal y presión método práctico.			
Parámetros	Bomba A(Agua)	Bomba A-Taladrina no filtrada (propiedades iniciales)	Bomba B-Taladrina filtrada(propiedades finales)
caudal promedio(lts/min)	39,800	38	39,9
presión EA(PSI)	25	12	25
presión EC(PSI)	55	40	55

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Fuente: Banco de pruebas

4.2.2.1 Curvas de representación empleando fluido no filtrado.

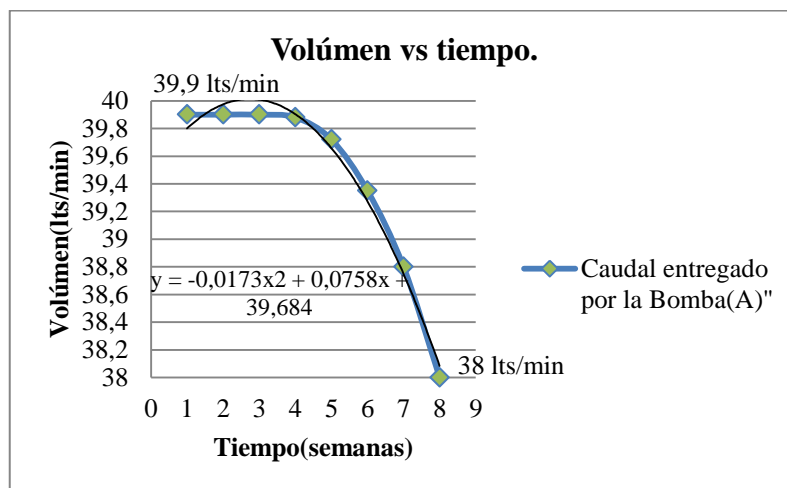


Figura 4-9 Variación de caudal entregado por la bomba A utilizando taladrina no filtrada en un período t > seis semanas.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

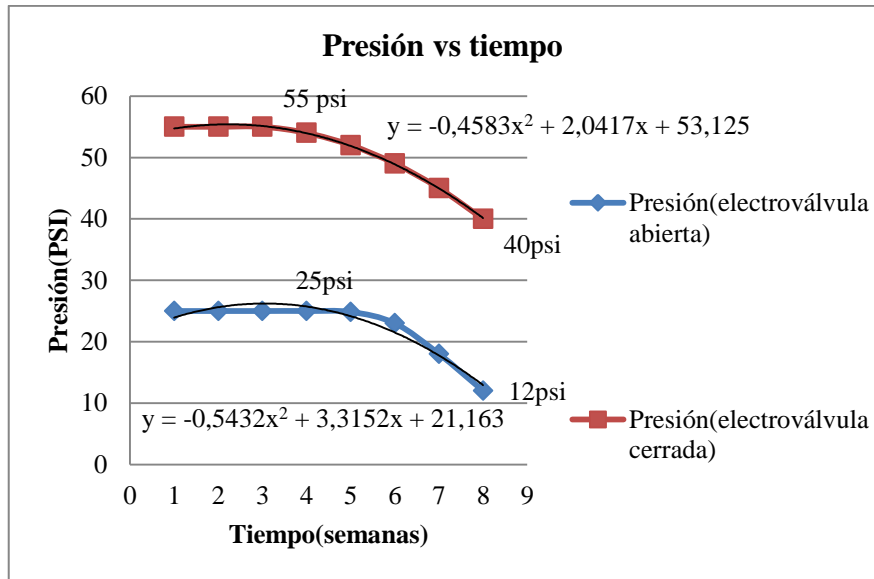


Figura 4-10 Variación de presión en la bomba A utilizando taladrina no filtrada en un período $t >$ seis semanas.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

En la Fig. 4-9 y 4-10 se aprecia claramente que el equipo de bombeo sufre un notable decremento en valores de caudal y presión entregado al emplearse fluido con alto nivel de contaminación. Este decremento o deficiencia se lo puede atribuir por fugas hacia el exterior ocasionadas por el daño o desgaste prematuro en sus empaquetaduras al recibir en ellas una fricción continua y excesiva.

4.2.2.2 Curvas de representación al ejecutar las correspondientes pruebas con fluido filtrado.

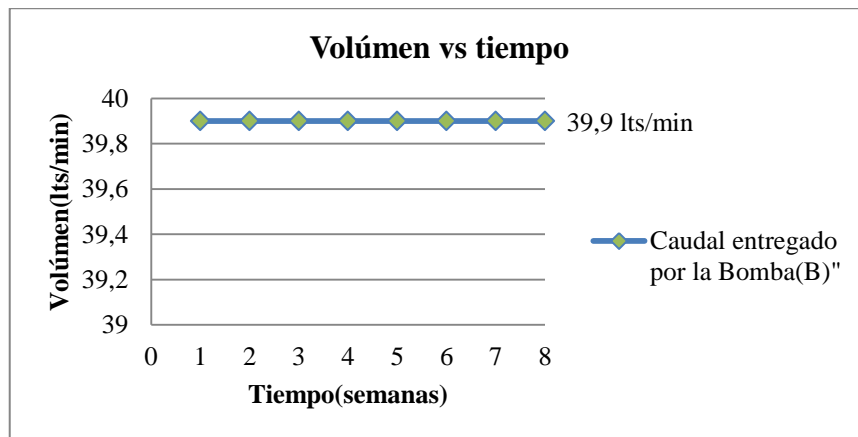


Figura 4-11 Caudal entregado por la bomba B utilizando taladrina filtrada en un período $t >$ seis semanas.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

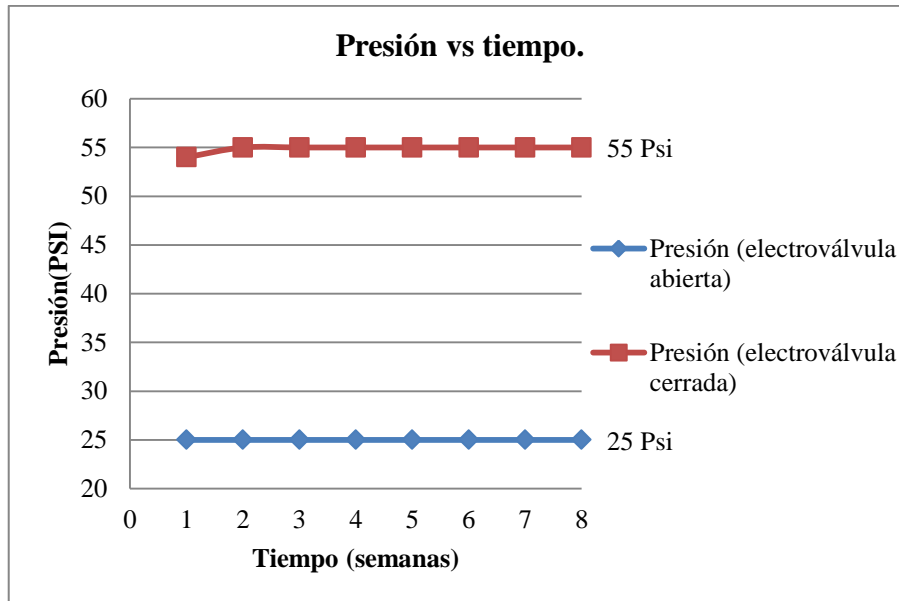


Figura 4-12 Presión en la bomba B utilizando taladrina filtrada en un período $t >$ seis semanas.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Se comprueba que el volúmen y la presión se mantienen constantes, claramente se observa la trayectoria continua de estas variables en cada semana de funcionamiento sin importar el tiempo durante el cual se desarrollen las pruebas respectivas.





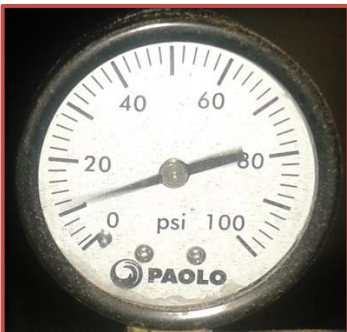

Se estima que filtrando eficientemente el fluido el equipo cumpla a plenitud con su margen de vida útil.

4.2.3 Ilustración gráfica para valores de presión.

Los valores presentados muestran de manera gráfica lo que se obtuvo en los instrumentos de visualización colocados en el banco de pruebas (manómetro), los valores fueron obtenidos luego del tiempo crítico de prueba ($t >$ seis semanas), en el mismo es perceptible la diferencia entre usar un fluido filtrado y un fluido no filtrado.

A continuación se presenta la siguiente tabla con los valores y gráficas obtenidos de acuerdo a las especificaciones que rigen el funcionamiento del banco de pruebas.

Tabla 4.28 Presión obtenida con fluido filtrado y no filtrado.

 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:	Ing. Luis Escobar.	Realizado por:	Rafael Coca J.
Revisado por:	Ing. Luis Escobar.	Fecha de ejecución:	Julio/2014
Valores alcanzados	Presión electroválvula abierta (psi)	Presión electroválvula cerrada (psi)	
FLUIDO DE TRABAJO FILTRADO	25 Psi	55 Psi	
			
	Representación gráfica		
FLUIDO DE TRABAJO NO FILTRADO	12 Psi	40 Psi	
			
	Representación gráfica		


Fuente: Coca Jiménez Edison Rafael

4.2.4 Representación de resultados bajo las características de montaje del sistema.

Tomando como referencia los dos períodos de tiempo estimados para la realización de pruebas se establece que:


Para agua y taladrina (aceite soluble) con recomendable nivel de limpieza no existe una variación significativa en sus rendimientos alcanzados tanto para el período $t < \text{seis semanas}$, como para $t > \text{seis semanas}$, mientras que: para taladrina (no filtrada) se presenta un notable decremento en su rendimiento, cerciorándose así que el fluido empleado es sumamente abrasivo, ocasionando el prematuro desgaste de algunos de sus componentes del equipo de bombeo, dando como resultado, la disminución en su rendimiento y la reducción de su tiempo de vida útil estimado.

Tabla 4.29 Valores de rendimientos del sistema de bombeo según el fluido utilizado ($t < 6s.$)

	Bomba A(Agua)	Bomba A-Taladrina no filtrada (propiedades iniciales)	Bomba B-Taladrina filtrada(propiedades finales)
Eficiencia Mecánica (e%)	11,47	18,9	18,93
Eficiencia bomba (η %)	88,53	81	81,07
Eficiencia volumétrica (η_v %)	99,50	99,7	99,75
Eficiencia total (η_t %)	11,41	18,8	18,88

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Tabla 4.30 Valores de rendimientos del sistema de bombeo según el fluido utilizado ($t > 6s.$)

	Bomba A(Agua)	Bomba A-Taladrina no filtrada (propiedades iniciales)	Bomba B-Taladrina filtrada(propiedades finales)
Eficiencia Mecánica (e)	11,467	15,74	18,93
Eficiencia bomba η	88,533	80,27	81,1
Eficiencia volumétrica η_v	99,5	95	99,8
Eficiencia total η_t	11,410	18,75	19

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Las gráficas son representación y variación de los respectivos rendimientos obtenidos.

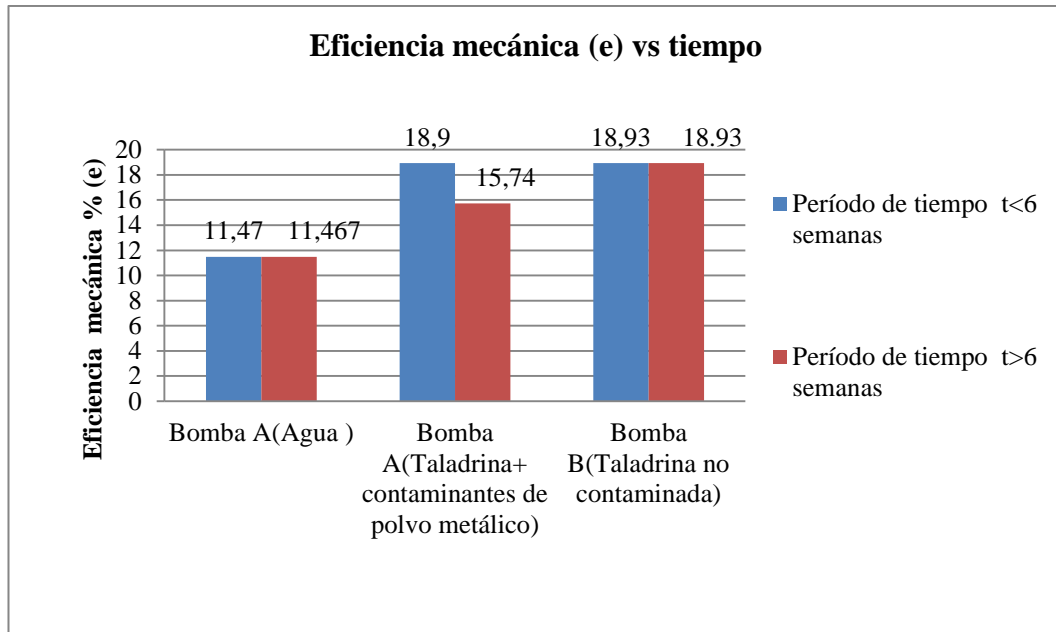


Figura 4-13 Rendimiento mecánico del sistema según el fluido y el tiempo de prueba.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

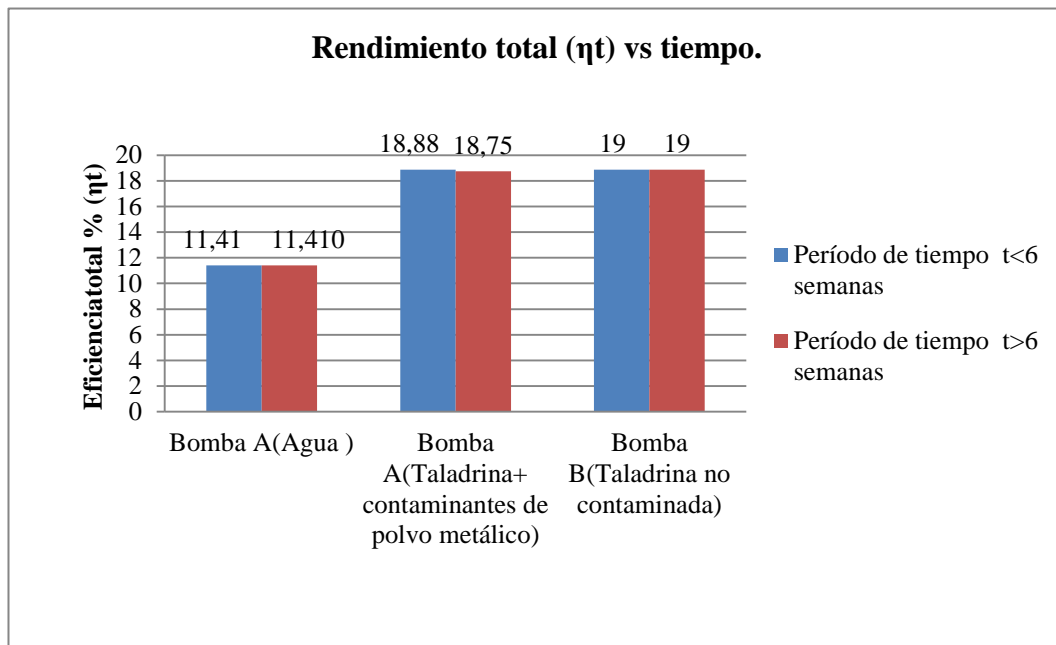


Figura 4-14 Rendimiento total del sistema según el fluido y el tiempo de prueba.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

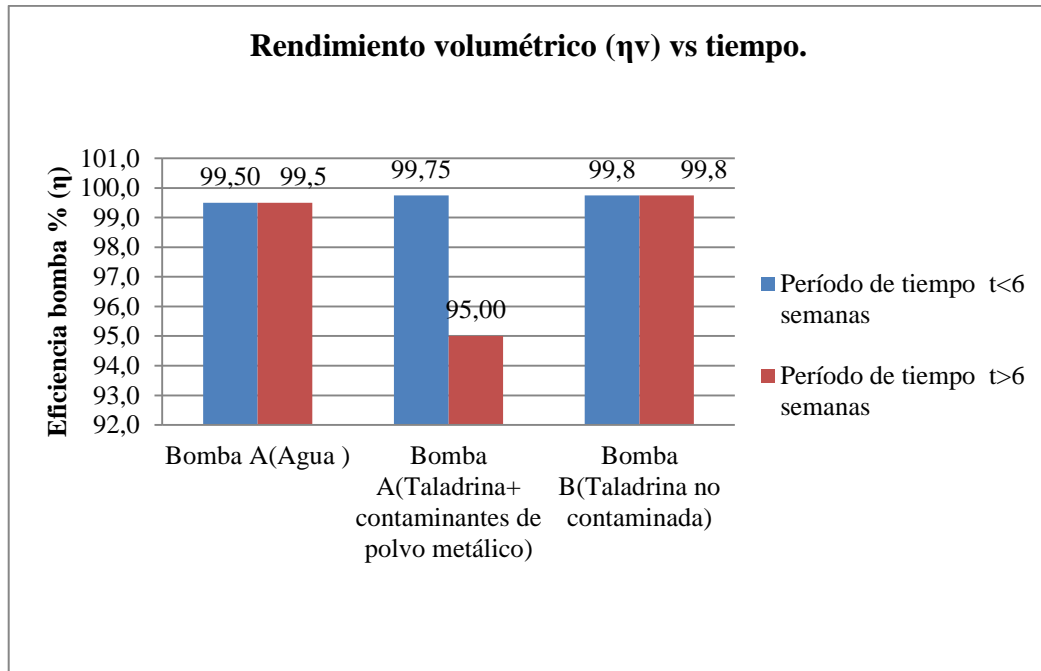


Figura 4-15 Rendimiento volumétrico del sistema según el fluido y el tiempo de prueba.

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Nótese que los valores permanecen constantes para el resto de fluidos sin tener presente el tiempo de operatividad del sistema, mientras que para la taladrina no filtrada se aprecia de forma progresiva la disminución de sus respectivos rendimientos, mecánico, total, volumétrico, partiendo de $t < 6$ semanas hasta $t > 6$ semanas en donde se hace más representativo el decremento de sus eficiencias.

Con los rendimientos representados en las figuras 4-11 y 4-12 garantizamos adecuados niveles de fiabilidad en el sistema de presurización, es decir que al limpiar el fluido de operación el equipo está en capacidad de cumplir sus funciones bajo las condiciones originales de diseño en el tiempo de funcionamiento otorgado por los respectivos fabricantes bajo las especificaciones de operación dadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Estas conclusiones se basan en los resultados obtenidos en forma teórica del análisis e interpretación de los mismos, así como también del marco teórico en el cual se fundamenta dicha experimentación.

De acuerdo al estudio realizado en las propiedades termo físicas de los fluidos con los que se realizó las respectivas pruebas se estableció que:

- En el sistema de presurizado dentro de la industria procesadora de acero se encuentra los desperfectos mecánicos en una de sus dos bombas, la bomba que se deteriora es la que inyecta presión al sistema, mientras que la otra cumple su ciclo de funcionamiento y vida útil sin novedad alguna, puesto que esta bomba trabaja a bajas presiones y por ende no se ve afectada por el tipo de fluido con que opere el sistema.
- La tubería y accesorios utilizados en la instalación de la red hidráulica son los adecuados para la realización de prueba hidrostática, las pérdidas por fricción son mínimas y presentan facilidad de sustitución por motivos de mantenimiento.
- Durante todo el tiempo de trabajo de la red hidráulica y más aún sin brindar mantenimiento a la misma, se considera también en uno de los factores contaminantes para el sistema de bombeo ya que en el interior de la tubería se genera corrosión.
- Dentro de la industria la presión entregada por el sistema es alrededor de 600 psi, luego de aproximadamente seis semanas esta desciende a 400 psi. Mientras que en el banco de pruebas el valor de presurizado es de aproximadamente 60 psi y luego del mismo tiempo de operatividad este valor desciende a 40 psi, atribuyéndose su decreciente rendimiento al fluido abrasivo con el que trabaja.

- Los valores de rendimiento en volumen y presión alcanzados mediante ensayo hasta aproximadamente la semana No 06 permanecen constantes para los fluidos mencionados, a partir de este tiempo utilizando como fluido de trabajo taladrina más contaminantes de polvo metálico (no filtrado) se inicia un proceso de deterioro en sus elementos internos de la bomba y un progresivo decremento en su desempeño, mientras que para la taladrina sin contaminantes (filtrada), los valores aún permanecen constantes sin importar el tiempo de operación.
- Luego de obtener las respectivas propiedades del fluido filtrado y no filtrado mostradas en la tabla 4-25 y relacionando con los valores obtenidos a través de cálculo de mecánica de fluidos se visualiza su cambio notable en eficiencias y/o rendimientos mostrados en la tabla 4-30.
- Con el sistema de filtrado utilizado se permite comprobar a través de un ensayo cuantitativo denominado “Conteo de partículas” certificado ISO 4406-99 la reducción de la cantidad de contaminante presente en el fluido de trabajo, el nivel inicial indica un código ISO 24/23/21, mientras que el nivel de limpieza en el fluido filtrado muestra un código ISO 23/21/18.
- Una vez alcanzado el margen recomendado de limpieza en el fluido de trabajo, el sistema o equipo de bombeo presenta adecuados niveles de fiabilidad.
- El material seleccionado del que consta el sistema de filtración implantado, evita que el contaminante se quede adherido a sus paredes internas, permitiéndose facilidad y rapidez concernientes a tareas de mantenimiento.

5.2 RECOMENDACIONES.

- El diseño del sistema de la red de tuberías debe presentar facilidad de desmontaje para las respectivas tareas de mantenimiento y limpieza.
- Si la cabeza de succión es negativa colocar válvulas que impidan el retorno del fluido y así evitar el vaciado en la tubería de succión, con esto evitamos los arranques en vacío que son perjudiciales para la bomba.
- Colocar acoples universales tanto en la succión como a la salida de la bomba, con la finalidad de no tener inconvenientes de desmontaje por motivos de mantenimiento.
- El método de filtración seleccionado debe ser eficiente y logre disminuir de manera relevante la cantidad de partículas metálicas presentes en el fluido de trabajo (aceite soluble).
- De ser posible instalar el sistema seleccionado en paralelo ya que es mucho más eficiente respecto al sistema de filtración en línea o en serie.
- Realizar periódicamente ensayos cuantitativos de “conteo de partículas”, certificación ISO 4406-99, cuyo fin es comprobar que el sistema de filtración implantado entregue el fluido dentro de las especificaciones de nivel de limpieza.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

“Diseño de un filtro magnético para retención de partículas metálicas contenidas en el fluido de trabajo utilizado para la realización de prueba hidrostática en tubería de acero con costura y su incidencia en el sistema de presurización”

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Finalizado el estudio de las propiedades termofísicas en el fluido utilizado para prueba hidrostática en tubería de acero y su incidencia en el sistema de presurización se establece a través de prácticas realizadas en el banco de pruebas creado para este fin que: Se reduce de manera acelerada la vida útil de un equipo de bombeo, con esto hablamos de reducir también sus rendimientos, y por supuesto la confiabilidad y fiabilidad del equipo, recalcando que el equipo trabaja con un fluido sumamente contaminado.

El aspecto puntual o considerado importante es el nivel de contaminación que el fluido presenta, puesto que el fluido de trabajo está contaminado con partículas de polvo metálico en cantidades o proporciones que salen del margen recomendado se requiere diseñar y construir un filtro magnético con el poder suficiente para atrapar todo tipo de partículas de carácter metálico sin importar el tamaño que estas presenten.

El diseño se lo realizara cumpliendo conceptos básicos e importantes relacionados con magnetismo, sin descuidar el análisis hidráulico del mismo. Su construcción será guiada en el diseño y se lo hará con la selección correcta del material y cumpliendo procesos o etapas importantes en su fabricación. La expectativa de este proyecto es cubrir los requerimientos de funcionamiento y sobre todo obtener datos de carácter positivo acorde en lo estudiado en el análisis de resultados.

6.2 ANTECEDENTES A LA PROPUESTA

De las prácticas desarrolladas en el banco de pruebas se establece que el parámetro más relevante es el aspecto o nivel de contaminación que presenta el fluido de trabajo, a raíz de obtener resultados positivos como mantener su eficiencia de operación y por supuesto un mayor margen de fiabilidad del equipo o sistema de bombeo trabajando con un fluido libre de contaminantes en un cierto período de tiempo.

La diferencia se establece que para el mismo período de tiempo trabajando con fluido contaminado se reduce su rendimiento y obviamente la vida útil del equipo.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La razón de proponer el diseño de un filtro magnético es debido a la gran cantidad de polvo metálico presente en el fluido de trabajo con el que se ejecuta la prueba de hermeticidad, con la construcción del filtro se pretende reducir al máximo la cantidad de partículas que ingresen al sistema de presurización y por ende evitar desgaste acelerado en sus componentes y alcanzar los rendimientos y la fiabilidad del equipo esperada.

6.4 OBJETIVOS

Los objetivos que se presentan en la siguiente tesis son:

6.4.1 Objetivo General

Diseñar un filtro magnético industrial.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros necesarios para el diseño del filtro magnético.
- Diseñar cada elemento del que forme parte el filtro magnético.
- Obtener los niveles de limpieza mediante método comparativo.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

6.5.1 Análisis técnico

En este apartado y desde la perspectiva técnica se necesita estar en capacidad de elaborar los planos concernientes al diseño del proyecto, los mismos que serán guía a seguir cuando se encuentre en etapa de construcción.

Para construirlo hay que realizar varias actividades y para realizarlas es recomendable contar con el entorno adecuado, a más de tener a disposición equipos, máquinas y herramientas como: torno, equipo de soldadura eléctrica, calibrador pie de rey, sierra manual, flexómetro, entre otros, no obstante se recalca que hay que tener nociones básicas para su uso y por supuesto estar consciente del riesgo que conlleva el ejecutar dichas actividades, para lo cual es primordial utilizar el equipo de protección personal y respetar las normativas de seguridad pertinentes para su uso. Para el diseño del filtro magnético es indispensable contar con conocimientos en lo referente a diseño mecánico, procesos de manufactura.

6.5.2 Análisis de costos

En lo que respecta al análisis en la factibilidad de costos se tendrá presente todo lo necesario para el desarrollo de este estudio, es decir lo que respecta a la fabricación del filtro en mención. Se puntualiza los costos referentes a material, maquinaria, y mano de obra.

6.5.2.1 Costos Directos (CD).

- Costos de materiales (CTM)

Tabla 6.1 Costos de materiales para la instalación (CMI)

cantidad	Descripción	P.unitario	P.total
2	Unión universal 2 plg.	\$ 4,50	\$ 17,00
2	Reductores 2-1 plg	\$ 2,00	\$ 4,00
4	Teflón	\$ 1,00	\$ 4,00
Total (\$)			\$ 25,00

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Tabla 6.2 Costo de materiales mecánicos (CM)

Cantidad	Descripción	P.Unitario	P.total
1	Tubo acero inoxidable D=8 plg* L=500mm	\$ 150,00	\$ 150,00
2	Tubo acero inoxidable D=2 plg*L=100mm	\$ 7,50	\$ 15,00
1	Arco de sierra	\$ 4,50	\$ 4,50
2	Tapas lateral	\$ 15,00	\$ 30,00
2	Empaquetadura de neopreno	\$ 6,00	\$ 12,00
18	Barra de neodimio de D=1plg *L=160mm	\$ 35,00	\$ 630,00
90	Magnetos D=1plg	\$ 4,00	\$ 360,00
18	Perno hexagonal M8 de acero inoxidable	\$ 0,50	\$ 9,00
0.5 kg	Electrodos 308-L	\$ 15,00	\$ 7,50
2	Cierres tipo clamp.	\$ 7,25	\$ 14,50
Total (\$)			\$ 1232,50

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Tabla 6.3 Costo de materiales varios (CMV)

Cantidad	Descripción	P.Unitario	P.Total
1	crystal para soldar	\$ 2,00	\$ 2,00
1	pliegos de lija	\$ 0,50	\$ 0,50
Total (\$)			\$ 2,50

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Los costos directos se obtienen aplicando la siguiente expresión:

$$CD = CMI + CM + CMV$$

Ecuación 6.1

$$CD = \$1260,00$$

6.5.2.2 Costos indirectos (CI).

- Costo de maquinaria utilizada para la ejecución del proyecto (CMU).

A continuación se detalla de manera independiente los costos generados por la utilización de maquinaria necesaria para la elaboración de todo el proyecto, teniendo como referencia el número de horas de uso para cada una de ellas.

Tabla 6.4 Costo de maquinaria (CMU)

Máquina	Tiempo de utilización (h)	Valor/hora	Valor total
Equipo de soldadura MIG	0,5	\$ 3,50	\$ 1,75
torno	1,5	\$ 8,00	\$ 12,00
esmeril	0,2	\$ 2,00	\$ 0,40
taladro	0,2	\$ 2,00	\$ 0,40
Total (\$)			\$ 14,55

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

- Costo de mano de obra (CMO)

Los costos de mano de obra se los atribuye al personal externo que ha aportado sus conocimientos prácticos para la elaboración de este proyecto, teniendo en cuenta el número de horas y el total de días laborados por cada uno de ellos.

Tabla 6.5 Costo de mano de obra (CMO)

Descripción	Costo/hora(\$)	Costo/día (\$)	Tiempo de construcción(días)	salario/obra (\$)
maestro de taller	\$ 2,25	\$ 18,00	3	\$ 54,00
ayudante	\$ 1,75	\$ 14,00	3	\$ 42,00
Total (\$)				\$ 96,00

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

Los costos indirectos se obtienen aplicando la siguiente expresión:

$$CI = CMU + CMO \quad \text{Ecuación 6.2}$$

$$CI = \$110,55$$

6.5.2.3 Costo total (CT)

Para resaltar el costo total se aplica la siguiente expresión matemática que involucra a los costos directos e indirectos calculados con anterioridad.

$$CT = CD + CI \quad \text{Ecuación 6.3}$$

$$CT = \$1370,55$$

Con la finalidad de cubrir los imprevistos que ocurran durante el desarrollo del proyecto ya sea por costos de personal, material, etc. Se establece un valor de

adición del 10%, el mismo que relacionado con el valor del proyecto queda representado de la siguiente manera:

Tabla 6.6 Costo total para la construcción del proyecto

Descripción	valor
Costo proyecto	\$ 1370,55
10%	\$ 137,055
TOTAL	\$ 1507,61

Elaborado por: Edison Rafael Coca Jiménez

6.5.3 Análisis ambiental

Desde la perspectiva ecológica se afirma que el funcionamiento del filtro magnético presenta excelentes valores de impacto ambiental , pues prácticamente su impacto es cero debido a que para su puesta en operatividad no se necesita el uso de ningún tipo de energía externa, más bien por el contrario este proyecto ayuda notablemente a la retención y reducción de partículas metálicas presentadas en forma de polvo, el mismo que puede excluirse al ambiente e inclusive ser perjudicial para el bienestar y salud humana.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

Con el estudio realizado y desde luego con los resultados obtenidos del tema en mención, se llega a determinar que para prolongar la vida útil de un equipo o sistema de presurización o a su vez alcanzar mayor fiabilidad del equipo, es indispensable diseñar un filtro magnético, sin olvidar que uno de los parámetros importantes es el volumen o caudal con que el equipo realiza las correspondientes pruebas de hermeticidad.

6.6.1 Selección del sistema y tipo de filtración.

Existen varios tipos de filtración disponibles en el mercado, poco efectivos si mencionamos que el contaminante a cernirse es polvo metálico en grandes proporciones, pues los filtros o sistemas de filtrado convencionales suelen colapsar con gran rapidez y facilidad afectando directamente a factores considerados importantes como el costo y tiempo. Según estas particularidades se

define la siguiente alternativa, la misma que destaca y suele ser la más recomendable en el ámbito industrial.

Como el sistema de filtración es de tipo magnético se conoce básicamente la existencia en imanes de tipo alnico los electroimanes y los llamados imanes permanentes, en su aspecto funcional son muy diferentes, los electroimanes o conocidos también como imanes cerámicos necesitan de una fuente externa de energía (eléctrica) para cumplir con su función, mientras que los imanes de tipo permanente emiten su propia energía para generar el campo magnético, a este tipo se los conoce como imanes de neodimio considerado también como (NdFeB) ya que su composición está en base a hierro(Fe), boro(B) y principalmente neodimio(Nd), en la tabla periódica de los elementos se los encuentra en el grupo de las tierras raras. Según lo detallado se precisa la selección de un sistema de filtrado con imanes tipo permanente.

6.6.2 Selección del tipo de magneto

Se opta por la selección de un imán de neodimio o permanente (NdFeB), debido a que en el lugar donde va a ser instalado no es aconsejable la utilización de energía eléctrica para su uso, además que en relación a los imanes cerámicos estos presentan una mayor fuerza magnética, la misma que llega a disiparse o desvanecerse con el paso del tiempo de manera insignificante, según datos teóricos se conoce que su pérdida de fuerza oscila entre 1% y 3% cada 10 años. Este tipo de imanes se clasifican a su vez por grados, mientras mayor es el número mayor es la fuerza que estos presentan, estos a su vez se clasifican en cuatro calidades diferentes.

Tabla 6.7 Calidad de los barrotos magnéticos según la aplicación.

CALIDADES	APLICACIONES
Estándar (Fe)	Eliminación de partículas grandes y gruesas.
Especial 25(Nd)	Eliminación de partículas muy finas de difícil atracción y difíciles de retener.
Especial 34(Nd)	Eliminación de partículas muy finas de difícil atracción y difíciles de retener.
Súper especial 25(Nd)	Eliminación de partículas muy finas débilmente magnéticas.

Fuente: IDEMAG (Imanes y desarrollos magnéticos)

Según nuestro tema en estudio y de acuerdo al tipo y tamaño de partícula el grado sugerido es el N52 correspondiente a calidad súper especial 25, actualmente este es el grado más alto y disponible en el mercado.

Es importante resaltar que los imanes de neodimio según el grado y serie que estos presenten trabajan a una determinada temperatura, en nuestro caso el magneto que elegimos es de serie N grado 52, opera hasta una temperatura máxima de 80°C, valor con el que no se presenta inconveniente alguno por la razón que el fluido a ser filtrado (taladrina o aceite soluble) se encuentra a una temperatura aproximada de 20 °C.

A más de la temperatura de servicio se presentan variables como la remanencia y la coercitividad las mismas que representan la capacidad para retener el magnetismo inducido y la capacidad o resistencia que presenta el material a ser desmagnetizado respectivamente, sus valores se podrán visualizar en el anexo C3.

6.6.3 Cálculo de la energía magnética.

Es necesario conocer el valor generado por el campo magnético que se crea en el interior del filtro, para objetivamente conocer el porcentaje retenido de partículas.

La energía magnética se la obtiene aplicando la siguiente expresión matemática.

$$E_m = \frac{V_m * (B * H) N_m}{2} \quad \text{Ecuación 6.4}$$

Donde:

E_m =energía magnética

V_m =volumen del magneto o imán [m^3]

$(B*H)$ =producto energético [kJ/m^3] (Anexo C3)

N_m =número de magnetos.

Luego de la obtención de la energía emitida por cada unidad de barra magnética, es preciso indicar el resultado total el cual varía de acuerdo al número total de barras instaladas.

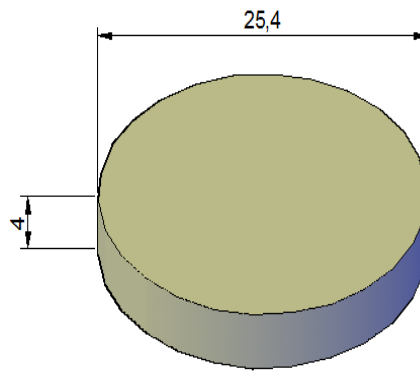


Figura 6-1 Magneto de neodimio
Elaborado por: Coca Jiménez Edison Rafael

Datos:

Diámetro del magneto=25.4mm

Altura=4mm

Producto energético (B*H)=380kJ/m³

Número de imanes=5

Número de barras magnéticas=18

Basándose en la geometría del magneto procedemos al cálculo de su volumen empleando la siguiente ecuación.

$$V = \pi r^2 * h \quad \text{Ecuación 6.5}$$

$$V=2026.83 \text{ mm}^3 = 2.026\text{E}-06\text{m}^3$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 6.4 (Em) tenemos.

$$Em = \frac{2.026\text{E} - 06\text{m}^3 * 380 \text{ kJ}/\text{m}^3 * 5}{2} = \mathbf{1.925\text{E} - 03 \text{ KJ}}$$

$$Em \text{ (total)}=1.925\text{E}-03\text{KJ}*\text{Número total de barras.}$$

Para determinar el número de barras magnéticas a utilizar se relaciona de manera directa acorde al volumen utilizado para el desarrollo de ensayos en el banco de

pruebas con el volumen con el que el sistema de presurización trabaja dentro de la industria, encontrándose los valores siguientes.

Tabla 6.8 Determinación del número total de barras magnéticas.

Volumen empleado	Unidad(m ³)	Número de barras magnéticas utilizadas
Banco de pruebas	30 E -03m ³	01
Sistema de presión en la industria	0,5m ³	X =18

Elaborado por: Coca Jiménez Edison Rafael

Por lo tanto el número de barras magnéticas a utilizarse obtenidos mediante relación directa es 18.

Entonces la energía magnética total generado por el filtro resulta ser:

$$Em \text{ (total)}=1.925E-03KJ*18=\mathbf{34.65E-03KJ}$$

Este valor encontrado Em (energía magnética) se relacionara con la capacidad de retención de partículas.

6.6.4 Cálculo de la resistencia de diseño en el cordón de soldadura.

Se precisa en determinar la resistencia de diseño que presentarán los cordones de soldadura que sellan la unión entre los neoplos y el cuerpo del filtro.

Por eso es necesario conocer las características del tipo de soldadura a ejecutarse, así también como el electrodo a utilizar.

Tabla 6.9 Características del tipo de soldadura y electrodo utilizado.

Características del tipo de soldadura.	
Tipo Soldadura	Soldadura de filete
Tipo superficie del cordón	cóncava
Proceso utilizado	GMAW
Tipo de electrodo	Indura 308-L
Resistencia a la tracción del electrodo	570 Mpa – 82.5 Ksi

Fuente: Catálogo INDURA

Para obtener el valor de la resistencia de diseño en el cordón de soldadura es preciso utilizar la siguiente expresión:

$$R_d = \phi F_w * t * L \quad \text{Ecuación 6.6}$$

Donde:

R_d =resistencia de diseño [Ksi]

ϕ =factor de resistencia [adimensional]

L =longitud de soldadura [plg]

$$F_w = 0.60 F_{EXX} \quad \text{Ecuación 6.7}$$

Donde:

F_w =Resistencia nominal para soldaduras a filete. [Anexo C5]

F_{EXX} =Resistencia mínima a la tensión (depende de tipo electrodo) [Ksi]

$$t = 0.707 * f \quad \text{Ecuación 6.8}$$

Donde:

t =espesor de garganta efectiva. [plg]

f = dimensión de filete de soldadura [plg]

La fracción numérica corresponde a un valor para un filete de 45°. Para encontrar la resistencia al diseño en el cordón de soldadura se cuenta con los siguientes valores.

Datos:

Soldadura de filete a 45°.

Factor de resistencia $\phi = 0.75$ (Anexo C5)

$F_{EXX} = 82.5$ Ksi

Longitud de soldadura (obtenemos el perímetro del nexo a soldar conociendo que el diámetro nominal es $D=2$ plg). $L=7.46$ plg

Solución:

Aplicando la ec. 6.8 tenemos.

$$t = 0.707 * \sqrt[3]{16} = 0,1326 \text{ plg}$$

Luego utilizando la ec. 6.7 tenemos.

$$F_w = 0.60 * 82.5 \text{ Ksi} = 49.5 \text{ Ksi}$$

Por último empleando la ec. 6.6 obtenemos la resistencia de diseño.

$$R_d = 0.75 * 49.5 * 0.1326 * 7.46 = \mathbf{36.72Ksi}$$

El valor representa la resistencia de diseño entre cada nexo y el cuerpo del filtro.

6.6.5 Selección del material para el cuerpo del filtro.

Para la selección del material el cual estará constituido el cuerpo del cilindro se evaluaron los siguientes criterios entendidos como los dos más importantes.

El cuerpo o cilindro del filtro debe de ser construido en acero inoxidable debido a que:

- El lugar en donde va a instalarse presenta altos índices que tienden a corroer el material, razón por la cual no es preciso utilizar acero común o acero al carbono.
- Al emplear acero inoxidable se obtiene una mejor configuración de campo magnético respecto a la utilización del acero común.

En consecuencia el material seleccionado de acuerdo a lo descrito es acero inoxidable AISI 201.

6.6.6 Diseño de la barra o cuerpo magnético.

Los imanes están dispuestos geoméricamente para formar un campo magnético que tiene una densidad de flujo o fuerza magnética no uniforme. La separación de

partículas se realiza de manera más eficaz si se tiene un mayor gradiente magnético, es decir cuanto mayor es el gradiente magnético más fuerte es la fuerza de atracción magnética que actúa sobre las partículas.

La fuerza del gradiente magnético está determinada por la densidad de flujo, el espaciamiento y la alineación de los imanes.

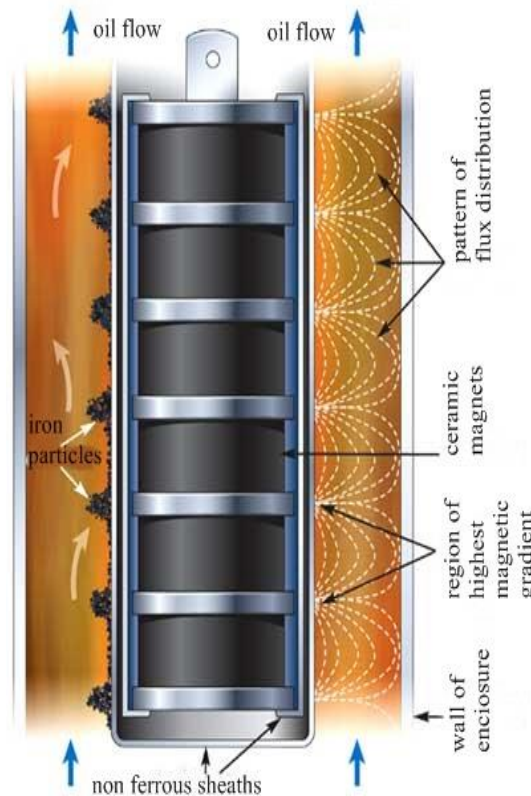


Figura 6-2 Patrón de distribución de flujo de un filtro magnético.

Fuente: Recuperado de: <http://www.machinerylubrication.com/Read/794/magnetic-filtration>

6.7 Metodología

Al tener como referencia el estudio teórico, selección de materiales, diseño y cálculos realizados, se procedió a adquirir, elaborar y ensamblar todos y cada uno de los componentes que forman parte del filtro magnético. A continuación se presenta una breve descripción de sus componentes.

6.7.1 Preparación del cuerpo del filtro.

Para la elaboración del cuerpo o cilindro principal del filtro se eligió un tramo de una determinada longitud de tubería de acero inoxidable AISI 201, el cilindro

presenta dimensiones adecuadas, teniendo en cuenta el volumen de fluido que por mencionado cilindro debe atravesar, se realizan dos agujeros los que deben estar ubicados en caras opuestas y separados a una cierta distancia, por último se procede a roscar la parte superior del cilindro.



Figura 6-3 Cilindro o cuerpo del filtro

Fuente: Coca Jiménez Edison Rafael

6.7.2 Preparación de neplos

Los neplos servirán como entrada y salida del filtro, es decir estos serán la succión y descarga del mismo, su elaboración precisa en obtener una cierta longitud de tubería, la que deberá ser roscada en uno de sus extremos.



Figura 6-4 Neplo roscado de un solo extremo

Fuente: Coca Jiménez Edison Rafael

6.7.3 Preparación de empaquetadura y juntas de cierre.

Se realiza un bosquejo con las dimensiones de la parte superior del cilindro sobre la fibra de neopreno, una vez cortada y realizada los respectivos agujeros, queda lista para ser colocada.

Respecto a las juntas de cierre o tapas superior e inferior, resalta la tapa superior con un roscado interno de acuerdo al paso y tipo de rosca realizada en el cilindro, mientras que para la tapa inferior se corta de acuerdo al diámetro del cilindro.

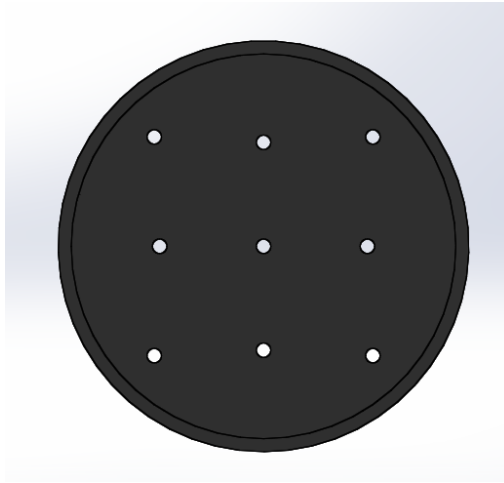


Figura 6-5 Empaquetadura de neopreno.

Fuente: Coca Jiménez Edison Rafael

6.7.4 Preparación de la barra magnética.

Una vez concluido el armado de la barra magnética se encapsula en un pequeño cilindro de acero inoxidable con la finalidad de evitar que los magnetos entren en contacto directo con el fluido y pueda verse afectado el poder de su campo magnético.



Figura 6-6 Barra magnética.

Fuente: Coca Jiménez Edison Rafael

6.7.5 Ensamble de elementos

Se procede a acoplar todos los componentes y formar en sí el filtro magnético, para eso se deberá ubicar de manera distribuida las barras magnéticas, los neoplos deben ser soldados a los agujeros respectivos del cilindro principal y por último debe de colocarse los cierres tipo clamp en sus extremos.

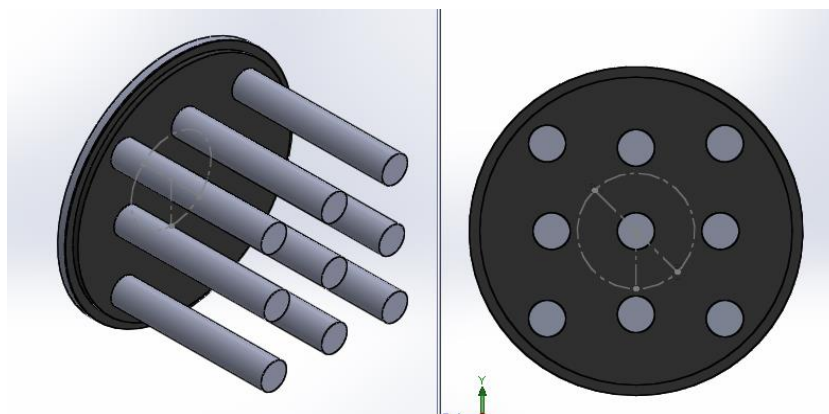


Figura 6-7 Disposición de las barras magnéticas en las cubiertas laterales

Fuente: Coca Jiménez Edison Rafael

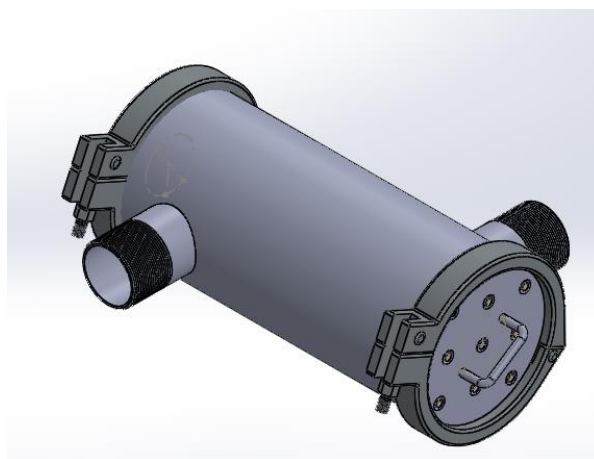


Figura 6-8 Filtro magnético

Fuente: Coca Jiménez Edison Rafael

6.8 Administración

Con el propósito de que el proyecto creado presente óptimas condiciones en operatividad y confiabilidad es indispensable la creación y ejecución de ciertos consejos aplicables a un plan de mantenimiento.

6.8.1 Planeación

La realización de un listado de tareas básicas concernientes a un plan de mantenimiento se las deberá practicar con mucha continuidad, puesto a que su desmontaje y su ensamble no demanda de mucha inversión de tiempo ni dinero.

- Cortar o cerrar el paso de fluido de la línea principal que suministra liquido al sistema el cual se estudia.

- Con las herramientas adecuadas se debe desajustar las juntas o tapas de cierre.
- Retirar dichas juntas y proceder a retirar todo el conjunto ensamblado, el mismo que contiene (barra magnética, sellos, empaquetaduras).
- Utilizando un telar de preferencia seco limpiar la cámara o parte interior del cilindro principal y los barrotes magnéticos del cual este provisto el filtro hasta que queden totalmente libre de impurezas.
- Verificar el estado de las empaquetaduras, en caso de que se encuentren deterioradas deberán ser reemplazadas, caso contrario pueden ser reutilizadas.
- Realizar una breve inspección visual y constatar que no existan rasgos de corrosión en alguno de sus componentes, en caso de encontrar este fenómeno proceder con la fabricación del elemento a ser reemplazado, mientras se prepara la nueva pieza o elemento se puede seguir operando con el elemento deteriorado (corroído).
- Ensamblar nuevamente todo el conjunto que conforma el filtro magnético y proceder a su respectivo montaje.
- Abrir el paso de fluido de la línea principal que suministra líquido al sistema.
- Revisar continuamente los estados de los acoples ubicados entre el filtro y la tubería, de encontrarse fugas mientras el sistema se encuentra operando intervenir inmediatamente y reparar cualquier tipo de anomalía.
- La periodicidad de revisión y limpieza puede hacerse entre 48-72 horas, si se supera este estimado de tiempo podemos encontrar obturación en la salida por exceso de partículas retenidas.

6.8.2 Organización

Cerciorarse que los instrumentos de medición con los que se determina los parámetros correspondientes se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento y bajo estas circunstancias los resultados encontrados sean lo más idóneos posibles.

6.8.3 Dirección

Mientras se ejecute las pruebas necesarias, estas deberán ser presenciadas o supervisadas por la persona indicada que tenga conocimientos acerca de su

funcionamiento, esta tarea la puede ejecutar el mismo técnico responsable del proyecto.

6.8.4 Control

Es importante tener el control del desarrollo de la práctica durante el tiempo estimado que perdure su realización, en caso de existir inconvenientes se notificará de inmediato al técnico responsable o al delegado que se encuentre realizando la tarea de supervisor.

6.9 Previsión de la evaluación

Como previsión de la evaluación se expondrá los resultados obtenidos en realización de prueba hidrostática aplicando el uso del filtro magnético, la finalidad es exponer las observaciones técnicas, las mismas que a futuro se conviertan en ideas, las cuales permitan alcanzar niveles más altos de efectividad y mejora del proyecto.

6.9.1 Mejoras para la propuesta

Obviamente es posible obtener mejoras en cualquier tipo de proyecto efectuando análisis e investigaciones que aporten información que permitan alcanzar el objetivo planteado, para nuestro caso de requerir incrementar el rendimiento del filtro magnético será necesario tener presente los siguientes criterios:

- De ser posible adquirir magnetos que presenten un mayor gradiente magnético, por una parte sería ventajoso teniendo en cuenta el poder del campo magnético que estos generarían, por otro y como inconveniente sería el valor económico que estos precisen.
- Para multiplicar la energía del campo magnético, es necesario aumentar el número de barrotos, esto implicaría incrementar también las dimensiones de todos y cada uno de los componentes que formen parte del filtro magnético.
- Se puede barnizar los barrotos magnéticos con algún tipo de resina sintética, cuyo propósito es formar una película protectora la que evite filtraciones hacia el interior del barrote en donde se encuentren ubicados los respectivos magnetos.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- 1 Acuña, J. (2003). confiabilidad y seguridad. En J. Acuña Acuña, *Ingeniería de confiabilidad* (pág. 274). Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- 2 Atahualpa, H., & Delgado, J. (2010). *Construcción de un módulo de pruebas hidrostáticas para tuberías metálicas(Tesis de Ingeniería)*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- 3 Cherkasski, V. (1986). *Bombas, ventiladores, compresores*. Moscu: Mir Moscu.
- 4 Córdova, R., Mejía, D., Ayala, A., & Chavarría, C. (2003). *Fluidos hidráulicos y filtros*. El Salvador: Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- 5 Crowe, C. T., Elger, D. F., & Roberson, J. A. (2006). *Mecánica de fluidos*. México: Compañía Editorial Continental.
- 6 Daily, J. W., & Harleman, D. R. (1969). *Dinámica de fluidos*. México DF: F.Trillas S.A.
- 7 Díez de la Cortina León, A. (2009). *Manual de Oleohidráulica*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- 8 INEN 0035, N. (1973). *NTE INEN 0035 (1973) (Spanish): Grasas y aceites comestibles.Determinación de la densidad relativa*.
- 9 Mataix Claudio. (1986). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas* (segunda ed.). Madrid-españa: ediciones del castillo.
- 10 Ortiz Florez, R. (2011). *Hidráulica, Generación de Energía*. Bogotá: Ediciones de la U.
- 11 Potter, M. C., Wiggert, D. C., Hondzo, M., & Shin, T. I. (2002). *Mecánica de fluidos*. México DF.: Internatonal Thomson Editores.

- 12 Ravell Roca, F. (1999). *Oleohidráulica básica y diseño de circuitos*. Barcelona: Alfaomega Grupo Editor,S.A. de C.V.
- 13 Robert Mott, L. (2006). *Mecánica de fluidos*. México: pearson educacion.
- 14 Serope, K., & Steven, R. (2002). *Manufactura,ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación.
- 15 Streeter, V. L., Wylie, B., & Bedford, K. W. (2000). *Mecánica de fluidos*. Bogotá: McGraw-Hill Companies, Inc.
- 16 Tyler, G., & Hicks, B. (1974). *Bombas su selección y aplicación*. España: Compañía editorial continental,S.A.
- 17 Viejo M, A. J. (2004). *Bombas,yeoría diseño y aplicaciones* (tercera ed.). Mexico: Limusa,Grupo Noriega.

INTERNET

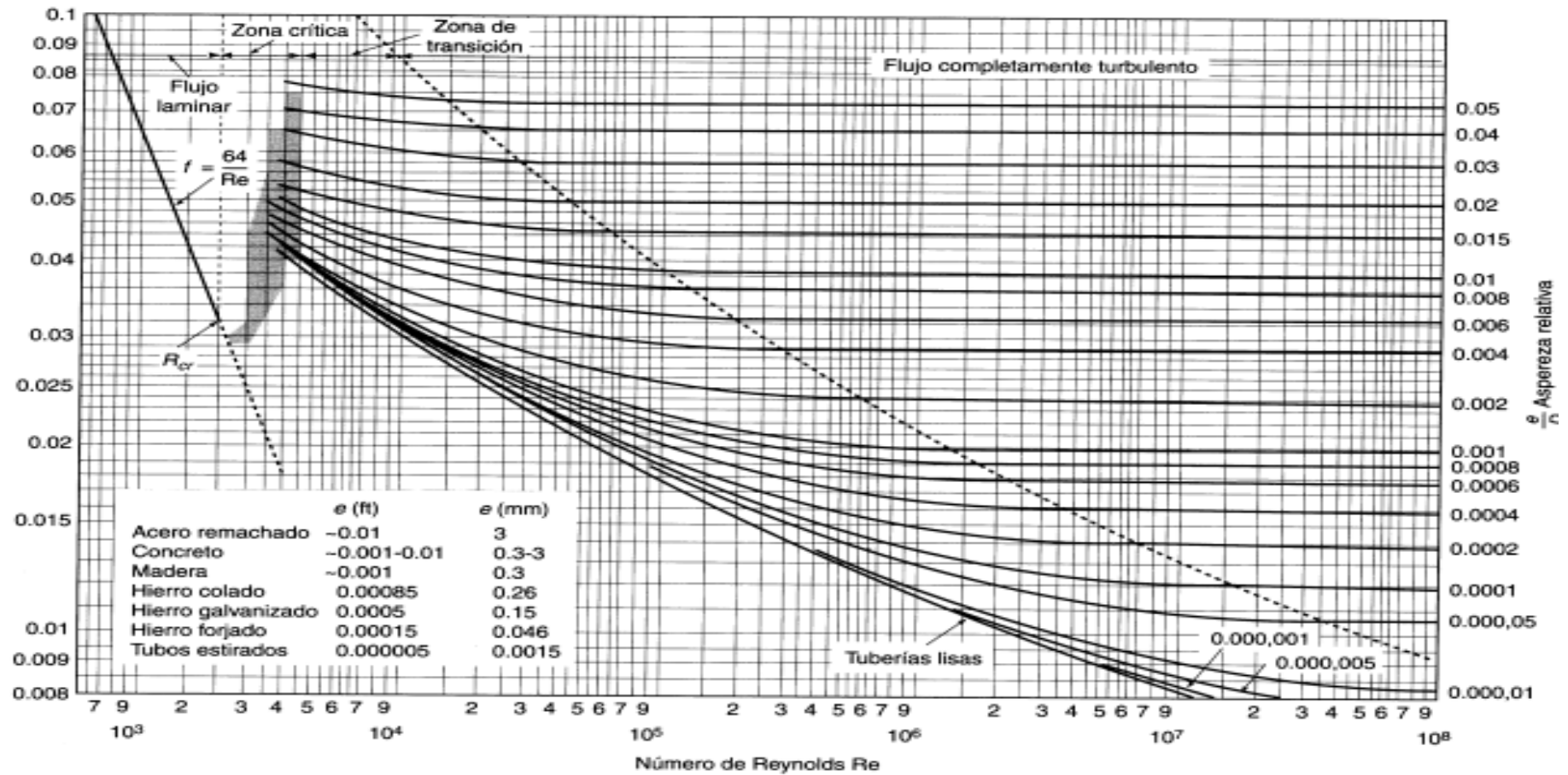
- 18 Química True. (s.f.). *Química True*. Obtenido de Química True:
<http://www.qtrue.com.ar/>
- 19 Prieto, R. (s.f.). *Caudal real y caudal teórico en una bomba volumétrica*. Obtenido de Caudal real y caudal teórico en una bomba volumétrica
http://ricardoprieto.es/mediapool/61/615322/data/PNEUMATICCHIDRAULIC_SOLVED_PROBLEMS.pdf

ANEXOS

ANEXO A

Gráficas

Anexo A.1 Diagrama de Moody



Fuente: Potter, Wiggert, Hondzo, & Shin, 2002 (De L.F.Moody, Trans, ASME, Vol.66, 1944)

Anexo A2. Coeficientes de resistencia contracción súbita

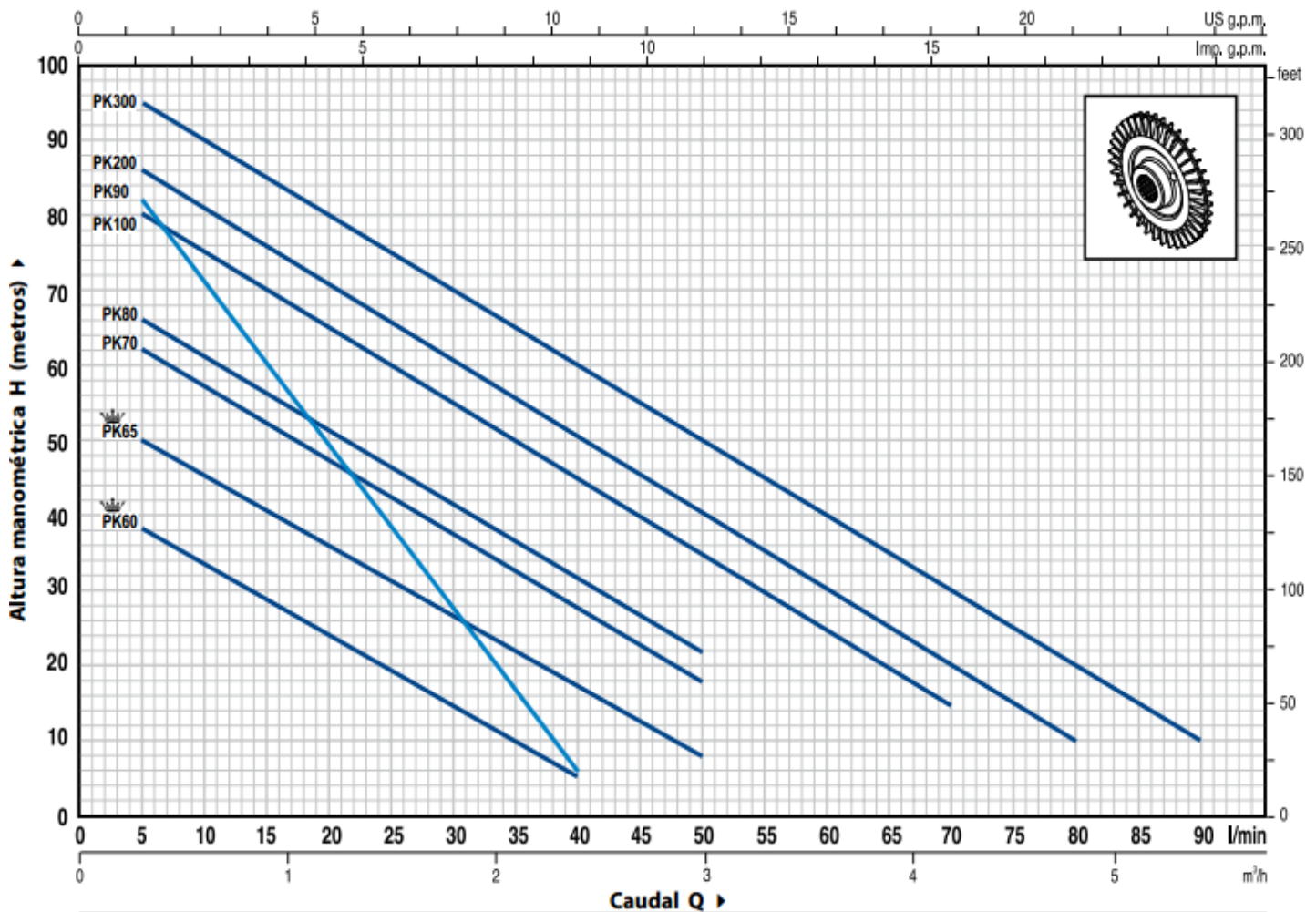
D_1/D_2	Velocidad v_2								
	0.6 m/s 2 pies/s	1.2 m/s 4 pies/s	1.8 m/s 6 pies/s	2.4 m/s 8 pies/s	3 m/s 10 pies/s	4.5 m/s 15 pies/s	6 m/s 20 pies/s	9 m/s 30 pies/s	12 m/s 40 pies/s
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.1	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
1.2	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11
1.4	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20
1.6	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24
1.8	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.31	0.29	0.27
2.0	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29
2.2	0.40	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37	0.35	0.33	0.30
2.5	0.42	0.42	0.41	0.40	0.40	0.38	0.37	0.34	0.31
3.0	0.44	0.44	0.43	0.42	0.42	0.40	0.39	0.36	0.33
4.0	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.42	0.41	0.37	0.34
5.0	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44	0.42	0.38	0.35
10.0	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.45	0.43	0.40	0.36
∞	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.45	0.44	0.41	0.38

Fuente: Mott, L, R, (2006), Mecánica de fluidos

Anexo A3 Curvas de desempeño Bomba Paolo Pkm 60*

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 1/min HS= 0 m



MODELO		POTENCIA		Q	H metros																
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4			
				l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90			
PKm 60°	PK 60°	0.37	0.50		40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5								
PKm 65	PK 65	0.50	0.70		55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8							
PKm 70	PK 70	0.60	0.85		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18							
PKm 80	PK 80	0.75	1		70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22							
PKm 90	PK 90	0.75	1		90	82	71	60	49	38	27	17	5								
PKm 100	PK 100	1.1	1.5		85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15					
PKm 200	PK 200	1.5	2		90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10				
-	PK 300	2.2	3		100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10			

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grade 3.

Fuente: Catálogo de bomba Paolo modelo Pkm 60

ANEXO B

Análisis de Laboratorio

Anexo B1 Análisis de densidad relativa.

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATÓ FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS				
Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com						
CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO						
Certificado No:14-113					ROI-5.10 06	
Solicitud Nº: 14- 113					Pág.:1 de 1	
Fecha recepción: 22 abril 2014			Fecha de ejecución de ensayos: 23 abril 2014			
Información del cliente:						
Empresa: Particular			C.I./RUC: 1804232849			
Representante: Edison Rafael Coca Jiménez			Tlf: 032407103			
Dirección: Nelson Dueñas y Av. Amable Ortiz			Celular: 0987024247			
Ciudad: Ambato			E mail: rafa_1018@hotmail.com			
Descripción de las muestras:						
Producto: Emulsión agua-aceite			Peso: 500 ml			
Marea comercial: n/a			Tipo de envase: Envase plástico			
Lote: n/a			No de muestras: Una			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: n/a			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:			Muestreo por el cliente: 22abr2014			
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Emulsión aceite-agua	11314265	Ninguno	*Densidad relativa 60°F (15.6°C)	Método Interno (Hidrómetro de vidrio)	Adimensional	1.0019
Conds. Ambientales: 20 °C; 53%HR						
		 DIRECTOR DE CALIDAD Ing. Marcelo Sofia V. Director de Calidad				
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si No						1004

Note: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

Fuente: LACONAL (UTA)



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO


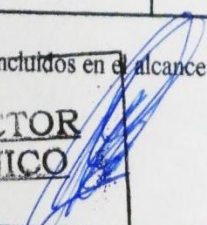
Certificado No: 15-102		R01-5.10 06				
Solicitud Nº: 15-102		Pág.:1 de 1				
Fecha recepción: 9 noviembre 2014		Fecha de ejecución de ensayos: 9 noviembre 2014				
Información del cliente:						
Empresa: Particular		C.I./RUC: 1804232849				
Representante: Edison Rafael Coca Jiménez		Tlf: 032407103				
Dirección: Nelson Dueñas y Av. Amable Ortiz		Celular: 0987024247				
Ciudad: Ambato		E mail: rafa_1018@hotmail.com				
Descripción de las muestras:						
Producto: Emulsión agua-aceite (taladrina filtrada)		Peso: 500 ml				
Marca comercial: n/a		Tipo de envase: Envase plástico				
Lote: n/a		No de muestras: Una				
F. Elb.: n/a		F. Exp.: n/a				
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab: n/a				
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente: 9nov2014				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Emulsión aceite-agua	11314298	Ninguno	*Densidad relativa 60°F (15.6°C)	Método Interno (Hidrómetro de vidrio)	Adimensional	0.960
Conds. Ambientales: 20 °C; 53%HR						
<div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: center;"> <p style="margin: 0;">DIRECTOR DE CALIDAD</p> <p style="margin: 0; font-size: small;">Ing. Marcelo Sofía V. Director de Calidad</p> </div>						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si No						

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado.
No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

Fuente: LACONAL (UTA)

Anexo B2 Ensayo granulométrico

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS							
UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS							
LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS							
Dirección: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400987 Fax: 2400998							
"Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N°: OAE LE C 10-008"							
CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO							
Certificado No: 14-133							R01-5.10 06
Solicitud N°: 14-133				Pág.: 1 de 1			
Fecha recepción: 12 mayo 2014				Fecha de ejecución de ensayos: 14 mayo 2014			
Información del cliente:							
Empresa: Particular				C.I./RUC: 1804232849			
Representante: Edison Rafael Coca Jiménez				Tif: 032407103			
Dirección: Nelson Dueñas y Av. Amable Ortiz				Celular: 0987024247			
Ciudad: Ambato				E mail: rafa_1018@hotmail.com			
Descripción de las muestras:							
Producto: Polvo metálico				Peso: 500g			
Marca comercial: n/a				Tipo de envase: Envase de vidrio			
Lote: n/a				No de muestras: Una			
F. Elb.: n/a				F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:				Almac. en Lab: n/a			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:				Muestreo por el cliente: 12 mayo 2014			
RESULTADOS OBTENIDOS							
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Tamices No.	Abertura de malla (µm)	Unidades	Resultados
Polvo metálico	13314325	Ninguno	*Granulometría A.S.T.M.- E 11-61	40	>425	%	1.5
				60	250	%	12.4
				80	180	%	38.1
				100	150	%	29.3
				120	125	%	0.5
				140	106	%	7.8
				170	90	%	2.3
				200	75	%	6.3
				Base	<75	%	1.8
						TOTAL	100
Conds. Ambientales: 20. 2°C; 52%HR							
Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE							
		DIRECTOR TECNICO  Ing Gladys Risueño					



ASTRIVEN S.A.

INGENIERIA DE LUBRICACION Y MICROFILTRADO

Guayaquil, 24 de octubre del 2014

REPORTE DE NIVEL DE LIMPIEZA DE LUBRICANTE.

Cliente: Sr. Rafael Coca

Lubricante: Aceite Soluble

IMÁGENES MICROSCÓPICAS DE MUESTRA DE ACEITE ANTES DE FILTRAR

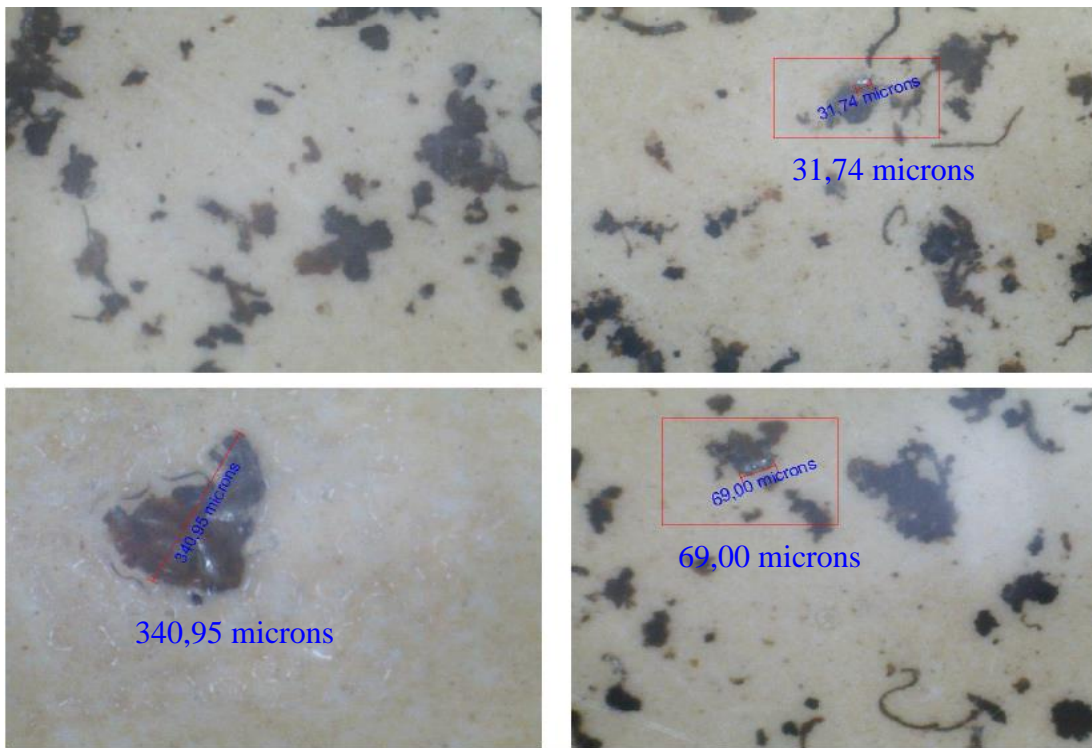


Imagen microscópica de una malla de 5 micras de porosidad, atravesada por una muestra de 25 ml de aceite. La imagen completa tiene 1000 micras de ancho y 750 micras de alto.

Nivel de limpieza ISO 24/23/21*

Código	Tamaño de Partícula	Número de Partículas / mililitro	
		Desde	Hasta
24	> 4 micras	8000000	16000000
23	> 6 micras	4000000	8000000
21	> 14 micras	1000000	2000000

Nota: Presencia de partículas metálicas, resaltadas con un recuadro, con su respectiva medida.

IMÁGENES MICROSCÓPICAS DE MUESTRA DE ACEITE DESPUÉS DE FILTRAR

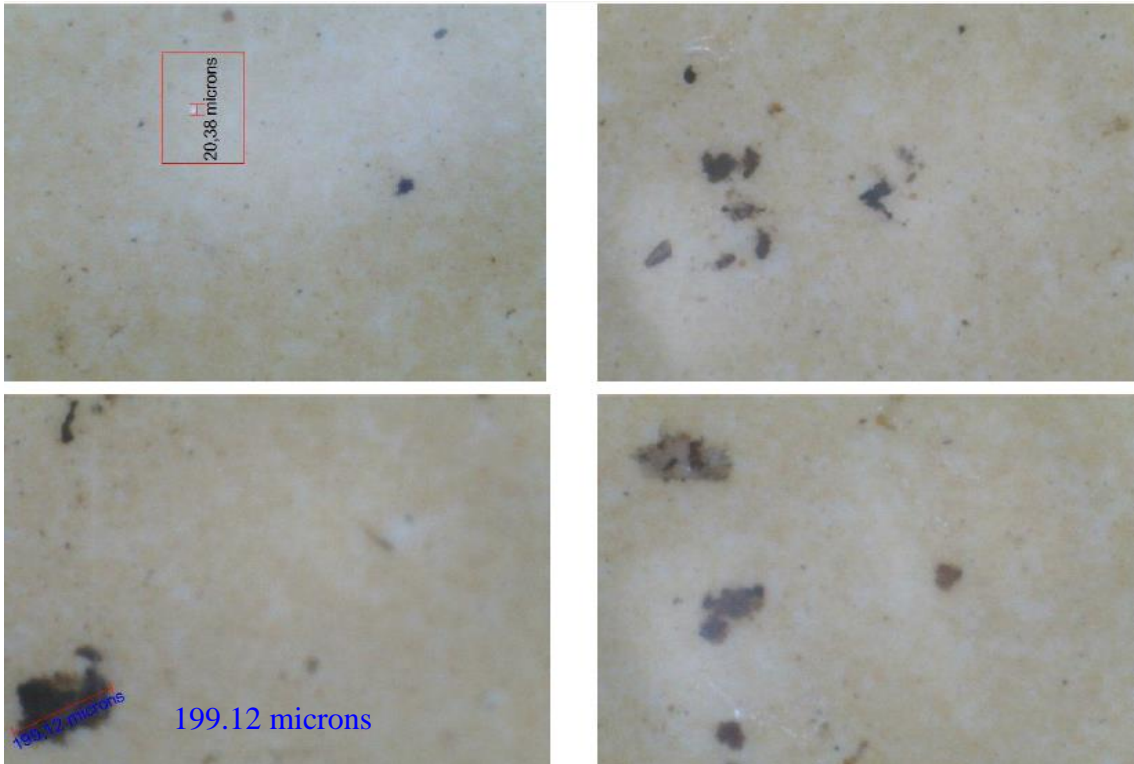


Imagen microscópica de una malla de 5 micras de porosidad, atravesada por una muestra de 25 ml de aceite. La imagen completa tiene 1000 micras de ancho y 750 micras de alto.

Nivel de limpieza ISO 23/21/18*

Código	Tamaño de Partícula	Número de Partículas/mililitro	
		Desde	Hasta
23	> 4 micras	4000000	8000000
21	> 6 micras	1000000	2000000
18	> 14 micras	130000	250000

Nota: Presencia de partículas metálicas, resaltadas con un recuadro, con su respectiva medida.

***Niveles de limpieza obtenidos mediante método comparativo de imagen microscópica.**

Para cualquier inquietud o comentario no dude en comunicarse con nosotros.
Atentamente,

Ing. Kepti Lenin Tinoco

ASTRIVEN S.A.

Av. Miguel Hilario Alcívar 239 y Octava Este. Planta Baja. Cdla. Kennedy Teléfono: 593-04-2396605 Telefax: 593-04-2398147 Celular: 593-09-8462720 E-mail: ktinoco@astriven.com // bolivar.tinoco@astriven.com Casilla: 09-01-6381 Guayaquil, Ecuador, Sur América

ANEXO C

Tablas

Anexo C1 Propiedades del Agua

DENSIDAD, VISCOSIDAD DINAMICA Y CINEMATICA DEL AGUA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA

<i>Temperatura</i> (°C)	<i>Densidad</i> (kg/m ³)	<i>Viscosidad</i> <i>dinámica</i> η (10 ⁵ kg/m · s)	<i>Viscosidad</i> <i>cinemática</i> ν $10^6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = \text{cSt}$
0	999,8	178,7	1,787
2	999,9	167,1	1,671
4	1,000	156,2	1,562
6	999,9	146,4	1,464
8	999,8	137,6	1,375
10	999,7	130,5	1,307
12	999,4	122,6	1,227
14	999,2	116,1	1,163
16	998,9	110,4	1,106
18	998,5	105,2	1,053
20	998,2	100,2	1,0038
22	997,7	95,5	0,957
24	997,2	91,1	0,914
26	996,6	87,2	0,875
28	996,1	83,4	0,837
30	995,7	79,7	0,801
32	994,9	76,4	0,768
34	994,2	74,1	0,745
36	993,4	70	0,705
38	992,8	68	0,685
40	992,2	65,3	0,658
45	990,2	59,8	0,604
50	988	54,8	0,554
55	985,7	50,5	0,512
60	983,2	46,7	0,475
65	980,6	43,4	0,443
70	977,8	40,4	0,413
75	974,8	37,8	0,388
80	971,8	35,5	0,365
85	968,6	33,4	0,345
90	965,3	31,5	0,326
95	961,8	29,8	0,310
100	958,4	28,2	0,295
150	916,9	18,6	0,205
200	864,6	13,6	0,161
250	799,2	10,9	0,14
300	712,4	8,91	0,132

Fuente: Mataix, C (1986), Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas.

Anexo C2. Dimensiones y especificaciones de tubería PVC.

DIAMETRO NOMINAL (PULG.)	DIAMETRO EXTERIOR		DIAMETRO INTERIOR		ESPESOR DE PARED		PRESIÓN A 23°C		PESO APROX KG/M
	(PULG)(OD)	(MM)	(PULG)(ID)	(MM)	(PULG)(T)	(MM)	(PSI)	(KG/CM2)	
½"	0.840	21.3	0.609	15.5	0.109	2.8	600	42.0	0.24
¾"	1.050	26.7	0.810	20.6	0.113	2.9	480	33.6	0.32
1"	1.135	33.4	1.033	26.2	0.133	3.4	450	31.5	0.47
1¼"	1.680	42.2	1.363	34.6	0.140	3.6	370	25.9	0.63
1½"	1.900	48.3	1.593	40.5	0.145	3.7	330	23.1	0.76
2"	2.375	60.3	2.049	52.0	0.154	3.9	280	19.6	1.01
2½"	2.875	73.0	2.455	62.1	0.023	5.2	300	21.0	1.60
3"	3.500	88.9	3.042	77.3	0.216	5.5	260	18.2	2.10
4"	4.500	114.3	3.989	101.5	0.237	6.0	220	15.4	2.98
6"	6.625	168.3	6.031	153.2	0.280	7.1	180	12.6	5.26
8"	8.625	219.1	7.942	201.7	0.322	8.2	160	11.2	7.89
10"	10.750	273.1	9.976	253.4	0.365	9.3	140	9.8	11.20
12"	12.750	323.9	11.889	302.0	0.406	10.3	130	9.1	14.80
14"	14.000	355.5	13.073	332.1	0.437	11.1	130	9.1	17.56
16"	16.000	406.4	14.940	379.5	0.500	12.7	130	9.1	22.93
18"	18.000	457.2	16.809	426.9	0.552	14.3	130	9.1	29.91
20"	20.000	508.0	18.743	476.1	0.593	15.1	120	8.4	35.13
24"	24.000	609.6	25.544	572.6	0.687	17.4	120	8.4	48.89

Fuente: Válvulas y termoplásticos industriales S.A de C.V.

Anexo C3 Tabla de rugosidad según el material

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: Mott, R (2006), Mecánica de fluidos.

Anexo C4 Propiedades y datos físicos de los imanes.



Datos físicos de los imanes
Imanes de neodimio

Grado	<u>Remanencia</u>		<u>Coercitividad</u>				<u>Producto energético</u>		Temp. de servicio máx.
	Br		bHc		iHc		(BxH)max		
	Gauss (G)	Tesla (T)	kOe	kA/m	kOe	kA/m	MGoe	kJ/m ³	°C
N30	10800-11200	1.08-1.12	9.8-10.5	780-836	≥12	≥955	28-30	223-239	≤80
N33	11400-11700	1.14-1.17	10.3-11	820-876	≥12	≥955	31-33	247-263	≤80
N35	11700-12100	1.17-1.21	10.8-11.5	860-915	≥12	≥955	33-35	263-279	≤80
N38	12200-12600	1.22-1.26	10.8-11.5	860-915	≥12	≥955	36-38	287-303	≤80
N40	12600-12900	1.26-1.29	10.5-12.0	860-955	≥12	≥955	38-40	303-318	≤80
N42	12900-13200	1.29-1.32	10.8-12.0	860-955	≥12	≥955	40-42	318-334	≤80
N45	13200-13700	1.32-1.37	10.8-12.5	860-995	≥12	≥955	43-45	342-358	≤80
N48	13700-14200	1.37-1.42	10.8-12.5	860-995	≥12	≥955	45-48	358-382	≤80
N50	14000-14600	1.40-1.46	10.8-12.5	860-995	≥12	≥955	47-51	374-406	≤80
N52	14200-14700	1.42-1.47	10.8-12.5	860-995	≥12	≥955	48-53	380-422	≤80
30M	10800-11200	1.08-1.12	9.8-10.5	780-836	≥14	≥1114	28-30	223-239	≤100
33M	11400-11700	1.14-1.17	10.3-11	820-876	≥14	≥1114	31-33	247-263	≤100
35M	11700-12100	1.17-1.21	10.8-11.5	860-915	≥14	≥1114	33-35	263-279	≤100
38M	12200-12600	1.22-1.26	10.8-11.5	860-915	≥14	≥1114	36-38	287-303	≤100
40M	12600-12900	1.26-1.29	10.8-12	860-955	≥14	≥1114	38-40	303-318	≤100
42M	12900-13200	1.29-1.32	10.8-12.5	860-995	≥14	≥1114	40-42	318-334	≤100
45M	13200-13700	1.32-1.37	10.8-13	860-1035	≥14	≥1114	43-45	342-358	≤100
48M	13700-14200	1.37-1.42	10.8-12.5	860-995	≥14	≥1114	45-48	358-382	≤100
50M	14000-14600	1.40-1.46	10.8-12.5	860-995	≥14	≥1114	47-51	374-406	≤100
27H	10200-10600	1.02-1.06	9.5-10.1	756-804	≥17	≥1353	25-27	199-215	≤120
30H	10800-11200	1.08-1.12	10.1-10.6	804-844	≥17	≥1353	28-30	223-239	≤120
33H	11400-11700	1.14-1.17	10.3-11	820-876	≥17	≥1353	31-33	247-263	≤120
35H	11700-12100	1.17-1.21	10.8-11.5	860-915	≥17	≥1353	33-35	263-279	≤120
38H	12200-12600	1.22-1.26	10.8-11.5	860-915	≥17	≥1353	36-38	287-303	≤120
40H	12600-12900	1.26-1.29	10.8-12	860-955	≥17	≥1353	38-40	303-318	≤120
42H	12900-13200	1.29-1.32	10.8-12	860-955	≥17	≥1353	40-42	318-334	≤120

Fuente: Imanes del Ecuador.

Anexo C5. Resistencia en diseño de soldadura.

TABLA 14.1 RESISTENCIA DE DISEÑO DE SOLDADURAS

Tipos de soldadura y esfuerzo [a]	Material	Factor ϕ de resistencia	Resistencia nominal F_{BM} o F_w	Nivel de resistencia requerido [b,c]
Soldadura de ranura con penetración completa				
Tensión normal al área efectiva	Base	0.90	F_y	Debe usarse soldadura "compatible".
Compresión normal al área efectiva	Base	0.90	F_y	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura				
Cortante en el área efectiva	Base; electrodo de soldadura	0.9 0.80	$0.60 F_y$ $0.60 F_{EXX}$	
Soldaduras de ranura con penetración parcial				
Compresión normal al área efectiva	Base	0.90	F_y	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura [d]				
Cortante paralelo al eje de la soldadura	Base, electrodo de soldadura	0.75	[e] $0.60 F_{EXX}$	
Tensión normal al área efectiva	Base, electrodo de soldadura	0.90 0.80	F_y $0.60 F_{EXX}$	
Soldaduras de filete				
Cortante en el área efectiva	Base; electrodo de soldadura	0.75	[e] $0.60 F_{EXX}$	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura [d]	Base	0.90	F_y	
Soldaduras de tapón o muesca				
Cortante paralelo a las superficies de contacto (sobre el área efectiva)	Base, electrodo de soldadura	0.75	[e] $0.60 F_{EXX}$	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".

Fuente: McCormac, J, (2da ed.), Diseño de estructuras de acero.

Anexo C6 Características electrodo de acero inoxidable AISI 308-L

INDURA

ELECTRODOS CONTINUOS PARA ACEROS INOXIDABLES

INDURA 308L		<i>Clasificación AWS: ER-308L</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Alambre sólido de acero inoxidable • Corriente continua, electrodo positivo 		<ul style="list-style-type: none"> • Toda posición • Revestimiento: No tiene 	
Composición química (típica) del alambre:			
C 0,02%; Mn 1,90%; Si 0,38%; P 0,02%; S 0,01%; Cr 19,8%; Ni 9,8%; Mo 0,19%			
Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.9-93):			
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte		Energía Absorbida Ch-v	
Resistencia a la tracción	: 570 MPa	90J a 0°C	
Alargamiento en 50 mm	: 44%		
Amperajes recomendados:			
Diámetro mm	Amperaje		Voltaje, volts
	min.	máx.	
0,9	125	300	18-32
1,2	155	450	20-34

Fuente: INDURA

ANEXO D



Formatos

Anexo D1. Ficha para toma de datos.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING. MECÁNICA 			
REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS			
Autorizado por:		Ejecutado por:	
Revisado por:		Fecha ejecución:	
ESPECIFICACIONES DE PRUEBA			
Tipo Fluido		Parámetros a analizar	
Nominación		Caudal real(l/min)	Presiones de Prueba(Psi)
Método Empleado		Iterativo	Válvula Solenoide
Tiempo (prueba)			Activada(EA) Desactivada(EC)
Tiempo de control para Solenoides	"segundos"	Timer 01	Timer 02
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS			
Parámetros en estudio		Activada(EA)	Desactivada(EC)
Volúmen:		Presión:	

Fuente: El Autor

Anexo D2. Ficha para presentación de datos (método práctico).

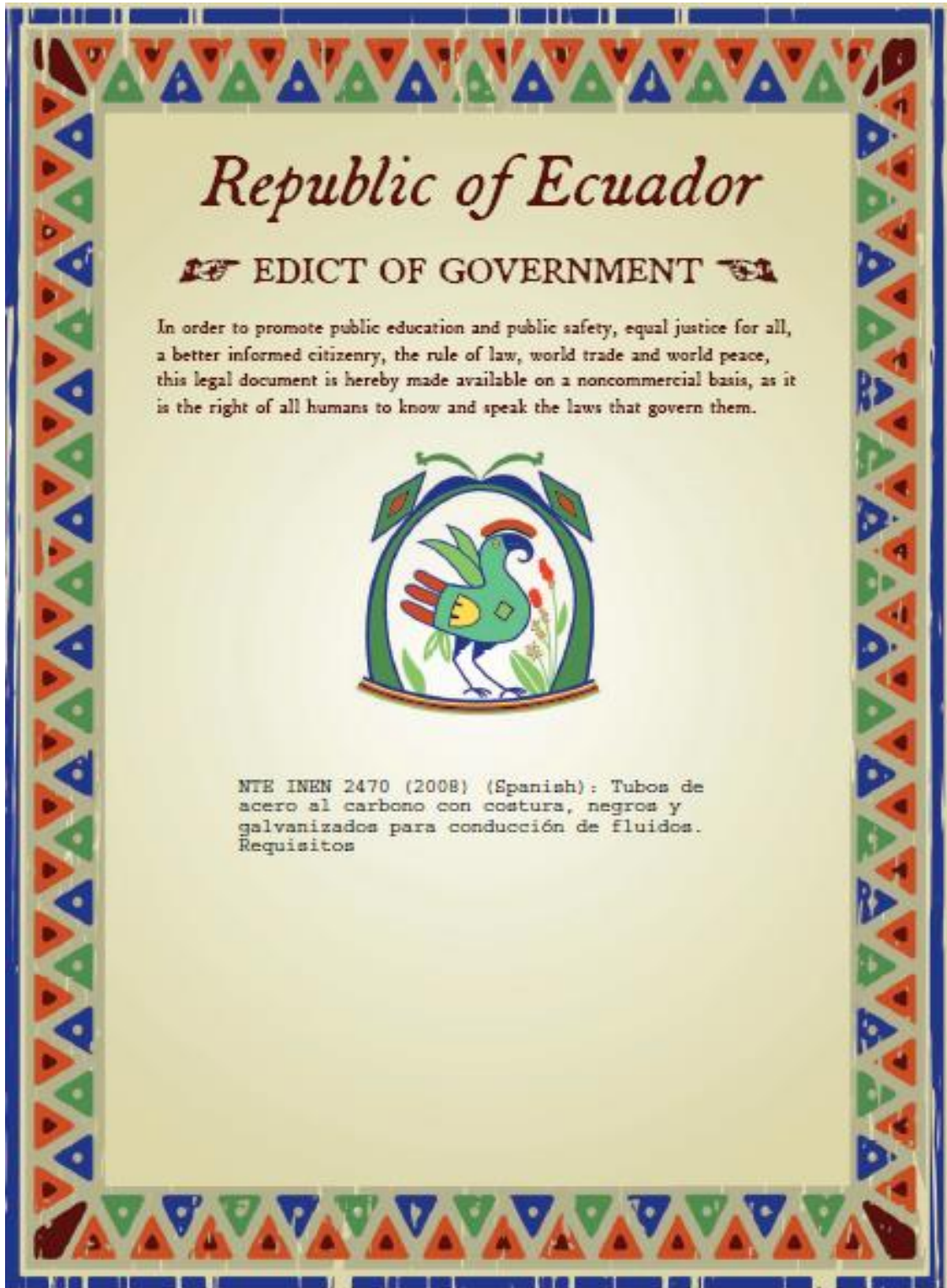
 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
Autorizado por:		Realizado por:	Rafael Coca J.
Revisado por:		Fecha de ejecución:	Julio/2014
Valores alcanzados	Presión electroválvula abierta (psi)	Presión electroválvula cerrada (psi)	
FLUIDO DE TRABAJO FILTRADO			
	Representación gráfica		
FLUIDO DE TRABAJO NO FILTRADO			
	Representación gráfica		

Fuente: El Autor.

ANEXO E

NORMA PARA FABRICACIÓN DE TUBERÍA

Anexo E1 NTE INEN 2470 (2008)





INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 470:2008

TUBOS DE ACERO AL CARBONO CON COSTURA, NEGROS Y GALVANIZADOS PARA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS. REQUISITOS.

Primera Edición

TUBES OF BLACK AND GALVANIZED CARBON STEEL WITH SEAM FOR CONDUCTION OF FLUIDS. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Sistemas de flujos y componentes para uso general, tubos de hierro y acero.

MC 08.01-411

CDU: 621.774

CIRI: 3710

ICS: 23.040.10

Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

TUBOS DE ACERO AL CARBONO CON COSTURA
NEGROS Y GALVANIZADOS PARA CONDUCCIÓN
DE FLUIDOS. REQUISITOS.

NTE INEN
2 470:2008
2008-11

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los tubos de acero al carbono tanto negros como galvanizados, conformados en frío, soldados (con costura) de sección circular para conducción de fluidos.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los tubos de acero al carbono con costura, aptos para ser roscados o soldados.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Colada*. Lote de materia prima proveniente de la misma fundición, con la misma composición química y propiedades mecánicas.

3.1.2 *Costura*. Cordón longitudinal de soldadura por proceso continuo.

3.1.3 *Designación comercial (DN, NPS)*. Se refiere al diámetro comercial del tubo.

3.1.4 *Profundidad del cordón de soldadura*. Es la distancia medida desde la parte más lejana hasta la más cercana al eje axial del tubo, en la zona del cordón de soldadura.

3.1.5 *Rababa*. Residuo de acero adherido a los bordes de los tubos.

3.1.6 *SAMG*. Soldadura por arco Metal-Gas.

3.1.7 *SAS*. Soldadura por arco sumergido.

3.1.8 *SATG*. Soldadura por arco Tungsteno-Gas.

3.1.9 *SRE*. Soldadura por resistencia eléctrica.

3.1.10 *Tubo negro*. Tubo de acero sin proceso de recubrimiento.

3.1.11 *Tubo galvanizado*. Tubo de acero con recubrimiento de zinc.

4. CLASIFICACIÓN

Los tubos se clasifican de acuerdo con lo establecido en la tabla 1.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Sistemas de fluidos y componentes para uso general, tubos de hierro y acero.

TABLA 1. Clasificación y dimensiones de la tubería

Designación ^a comercial		Diámetro exterior ^b (mm)	Serie liviana II				Serie liviana I				Serie A 53 (Cédula 40)		
DN	NPS		Espesor nominal ^c (mm)	Diámetro exterior Máx. (mm)	Diámetro exterior Mín. (mm)	Prueba de presión (KPa)	Espesor nominal ^d (mm)	Diámetro exterior Máx. (mm)	Diámetro exterior Mín. (mm)	Prueba de presión (KPa)	Espesor nominal ^d (mm)	Diámetro exterior nominal ^f (mm)	Prueba de presión (KPa)
6	1/8	10,2	1,8	10,1	9,7	5 000	1,8	10,4	9,7	5 000	1,73	10,3	4 800
8	1/4	13,5	1,8	13,6	13,2	5 000	2,0	13,9	13,2	5 000	2,24	13,7	4 800
10	3/8	17,2	1,8	17,1	16,7	5 000	2,0	17,4	16,7	5 000	2,31	17,1	4 800
15	1/2	21,3	2,0	21,4	21,0	5 000	2,3	21,7	21,0	5 000	2,77	21,3	4 800
20	3/4	26,9	2,3	26,9	26,4	5 000	2,3	27,1	26,4	5 000	2,87	26,7	4 800
25	1	33,7	2,6	33,8	33,2	5 000	2,9	34,0	33,2	5 000	3,38	33,4	4 800
32	1 1/4	42,4	2,6	42,5	41,9	5 000	2,9	42,7	41,9	5 000	3,56	42,2	8 300
40	1 1/2	48,3	2,9	48,4	47,8	5 000	2,9	48,6	47,8	5 000	3,68	48,3	8 300
50	2	60,3	2,9	60,2	59,6	5 000	3,2	60,7	59,6	5 000	3,91	60,3	15 900
65	2 1/2 ^e	73,0	3,2	73,7	72,3	5 000	3,2	73,7	72,3	5 000	5,16	73,0	17 200
80	3	88,9	3,2	88,7	87,9	5 000	3,6	89,4	87,9	5 000	5,49	88,9	15 300
90	3 1/2	101,6	-	-	-	-	-	-	-	-	5,74	101,6	14 000
100	4	114,3	3,6	113,9	113,0	5 000	4,0	114,9	113,0	5 000	6,02	114,3	13 100
125	5	141,3	-	-	-	-	-	-	-	-	6,55	141,3	11 500
150	6	168,3	-	-	-	-	-	-	-	-	7,11	168,3	10 500

(a) Designación comercial: europea DN (diámetro nominal) e inglesa NPS (nominal pipe size), según ASTM A 53.

(b) Las dimensiones exteriores se deben tomar en posiciones de al menos 50 mm de los extremos de la tubería.

(c) El espesor mínimo de pared en cualquier punto no debe tener una reducción mayor al 8 % del espesor nominal en la serie liviana II.

(d) El espesor mínimo de pared en cualquier punto no debe tener una reducción mayor al 12,5 % del espesor nominal en las series liviana I y A 53.

(e) La designación 2 1/2 para las series I y II tiene dimensiones adaptadas de las serie A 53.

(f) La tolerancia para el diámetro exterior nominal es $\pm 0,4$ mm hasta 1/2 y menores, para designaciones de 2 y mayores es el $\pm 1\%$.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 La tubería puede fabricarse por procesos de conformado progresivo a través de rodillos o por un proceso de rolado.

5.2 Las pruebas mecánicas especificadas, pueden omitirse si se dispone de certificados de calidad de la materia prima de acero cuyos resultados deben cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 2.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 *Propiedades mecánicas.* La materia prima de los tubos debe cumplir con las propiedades mecánicas establecidas en la tabla 2.

TABLA 2. Propiedades mecánicas

Límite de fluencia mín. (MPa)	Resistencia a la tracción mín. (MPa)	Elongación %		
		De 1,8 a 3,0 mm excl. de espesor	De 3,0 a 6,0 mm excl. de espesor	Mayor a 6,0 mm de espesor
205	330	25 mín.	28 mín.	32 mín.

6.1.2 *Composición química.* El material utilizado para la fabricación de tubería debe ser acero al carbono apto para ser soldado y su composición química debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos químicos

Composición %, máx.			
C	Mn	P	S
0,20	0,60	0,040	0,040

6.1.3 *Propiedades dimensionales.* El diámetro nominal de la tubería y el espesor de pared deben cumplir con las especificaciones estipuladas en la tabla 1.

6.1.3.1 *Tolerancias.* Las variaciones en diámetro y espesor se especifican en la tabla 1.

6.1.3.2 *Longitud.* La tubería se produce normalmente en longitudes de 6 000 mm y en otras longitudes cuando el cliente así lo solicite. La tubería debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 4.

TABLA 4. Tolerancias en la longitud

Tolerancias de longitud (mm)	Hasta 6 000 mm	Mayor a 6 000 mm
		+ 21 0

6.1.3.3 *Rectitud.* La variación permitida para la rectitud de la tubería es de hasta 12 mm en 6 000 mm ó el valor proporcional en caso de tubos de medidas especiales.

(Continúa)

6.1.3.4 *Extremos.* Los extremos deben ser cortados perpendicularmente al eje del tubo y no presentar aplastamientos, rayaduras ó rebabas. Los tubos pueden entregarse con los extremos lisos, roscados ó biselados, previo acuerdo entre el fabricante y el comprador.

6.1.3.5 *Rosca.* La rosca de los tubos debe cumplir con las especificaciones dadas en la norma ANSI B1.20.1. (ISO 7-1). En el caso de la serie liviana II se permite una reducción al 80% de las longitudes de rosca especificadas. Los extremos roscados de la tubería deben entregarse protegidos contra golpes.

6.1.4 *Recubrimiento de zinc.* El metal usado para el recubrimiento por inmersión en caliente en el proceso de galvanizado, no debe contener menos del 99,95% de zinc según la norma INEN 882.

6.1.4.1 La masa de ambas caras de recubrimiento de zinc se obtiene sumando las masas correspondientes a la superficie interior y exterior. La masa mínima debe cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 5.

TABLA 5. Masa de zinc por unidad de superficie.

Clase	Promedio mínimo g/m ²	Puntual mínimo g/m ²
Serie Liviana I y II	450	400
Serie Pesada	550	490

6.1.4.2 La determinación de la masa del recubrimiento de zinc, se debe obtener midiendo el espesor del recubrimiento y calcularse de acuerdo con la siguiente relación: 1 µm equivale a 7,067 g/m².

6.1.4.3 El espesor representativo del recubrimiento debe ser el valor promedio entre 5 mediciones tomadas al azar a lo largo del tubo.

6.1.5 *Presión hidrostática*

6.1.5.1 Toda la tubería de la serie pesada debe ser inspeccionada de acuerdo con los requerimientos de presión establecidos en la tabla 1. Las presiones de prueba especificadas en la tabla 1, no indican las presiones normales de trabajo, las cuales deben ser recomendadas por el fabricante.

6.1.5.2 Toda la tubería de las series livianas I y II, deben ser inspeccionadas aleatoriamente de acuerdo a los requerimientos de presión establecidos en la tabla 1.

6.1.5.3 Se puede reemplazar la prueba hidrostática por un método de inspección en línea por ultrasonido ó electromagnético según lo establecido en la norma ASTM A53.

6.1.6 *Soldadura.* El cordón de soldadura puede elaborarse mediante procesos automáticos o semiautomáticos (SRE, SAMG, SATG y SAS). El cordón de soldadura debe ser homogéneo y no presentar discontinuidades.

6.1.6.1 La profundidad del cordón de soldadura no debe ser menor al espesor del material base.

6.1.7 *Aspecto superficial.* Los tubos en sus superficies interior y exterior no deben presentar defectos tales como rajaduras, fisuras, etc., que puedan afectar su utilización.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 *Lugar.* La inspección y aceptación del material al que se refiere esta norma, se debe realizar en el lugar acordado por las partes para tal efecto.

(Continúa)

7.1.2 *Tamaño de la muestra.*

7.1.2.1 *Lotes de muestreo.* El tamaño del lote de muestreo será definido por las partes interesadas.

7.1.2.2 De cada uno de los lotes de muestreo se debe extraer al azar un número de muestras para un nivel de Inspección especial S-2 establecido en la NTE INEN 255, utilizando un nivel de calidad aceptable del 2,5% y un plan de muestreo simple para Inspección normal, para realizar los ensayos dimensionales, mecánicos, químicos, masa de recubrimiento y adherencia.

7.1.2.3 De cada lote de muestreo se debe extraer dos probetas en sentido longitudinal del laminado y dos en sentido transversal sobre las cuales se deben realizar los ensayos establecidos en 7.1.2.2 como testigo debe quedar una cantidad de material suficiente para preparar igual número de probetas.

7.2 Los ensayos realizados por el proveedor de la materia prima y que constan en los certificados de calidad de origen, deben ser excluidos de su realización.

7.3 *Aceptación o rechazo.* Toda la tubería que cumpla con las especificaciones de esta norma es considerada como producto terminado aprobado. En caso de solicitarlo el cliente, el fabricante debe emitir un certificado de conformidad con la presente norma.

7.4 *Producto terminado.* Para determinar la redondez en la tubería, debe tomarse la medida del diámetro máximo y mínimo en la misma sección, ambas medidas deben cumplir con las especificaciones de tolerancia establecidas en la tabla 1.

8. MÉTODOS DE ENSAYO

8.1 Las probetas para la prueba de tracción deben cumplir con los requisitos especificados en la NTE INEN 109 ó 121 según sea el caso.

8.1.1 Las probetas para ensayo de tracción, deben ser muestras longitudinales del fleje. Las probetas deben estar libres de rebabas y no deben contener defectos superficiales porque estos alteran los resultados de las pruebas.

8.2 La adherencia de la capa de recubrimiento de zinc debe cumplir con lo especificado en la NTE INEN 950.

9. EMPAQUE

9.1 Los tubos deben proveerse en paquetes firmemente amarrados y conformados con tubos de iguales características dimensionales y mecánicas.

10. ROTULADO

10.1 Todos los tubos deben ser marcados individualmente de forma legible, como mínimo con la siguiente información:

- a) Nombre ó logotipo del fabricante, en caso de fabricación nacional o del importador en caso contrario.
- b) Lote de fabricación.
- c) Número de esta norma.
- d) Diámetro y longitud del tubo.

10.2 El fabricante adicionalmente tendrá la opción de usar código de barras para la identificación.

(Continúa)

Anexo E2 ISO 4406/99 (ASTRIVEN S.A)

INFLUENCIA DEL NIVEL DE LIMPIEZA DEL LUBRICANTE EN LA VIDA DE UN COMPONENTE MECÁNICO

- Alrededor del 80 % de los daños de los componentes de un sistema hidráulico se deben a presencia de partículas en el lubricante.
- Para medir el nivel de limpieza de los lubricantes hidráulicos se han establecido varias normas internacionales, entre las cuales una de las más conocidas es la ISO 4406 que toma como base el número de partículas > 4 micras, > 6 micras y >14 micras presentes en 1 mililitro de aceite.

NORMA ISO 4406, VERSION 1999

- Utiliza 3 dígitos separados por un /
- Ejemplo: Nivel de limpieza ISO 17/15/12
- Para conocer el número de partículas correspondiente a cada dígito es necesario consultar la tabla respectiva que consta en la norma. Ver tabla siguiente:

Range Number	Number of particles per ml	
	More than	Up to and including
24	80,000	160,000
23	40,000	80,000
22	20,000	40,000
21	10,000	20,000
20	5,000	10,000
19	2,500	5,000
18	1,300	2,500
17	640	1,300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5
8	1.3	2.5
7	.64	1.3
6	.32	.64

NIVEL DE LIMPIEZA ISO

17/15/12 significa

Que por cada mililitro de aceite hay:

17..... de 640 a 1300 partículas > 4 micras

15..... de 160 a 320 partículas > 6 micras

12..... de 20 a 40 partículas > 14 micras

RECOMENDACIONES DE LOS FABRICANTES DE EQUIPOS

- Normalmente todo fabricante de equipos serio recomienda en los manuales el “nivel de limpieza mínimo” para cada componente.
- Si el usuario de un equipo no sigue esta recomendación el resultado será la reducción del tiempo de vida útil del mismo.
- En el Ecuador lo normal es que NO se siga la recomendación de los fabricantes, casi siempre porque se desconoce la información.

NIVELES DE LIMPIEZA ISO MINIMOS RECOMENDADOS

SISTEMAS HIDRAULICOS

- Servo válvulas.....15/13/11 (1500-2500 psi)
- V. proporcionales.....16/14/12 “
- Bombas f. variable.....17/15/12 “
- Válvulas cartucho.....17/16/13 “
- B. pistones.....17/16/13 “
- B. paletas.....18/16/14 “
- B. piñones.....18/16/14 “
- ACEITE NUEVO..... 20/18/16 “

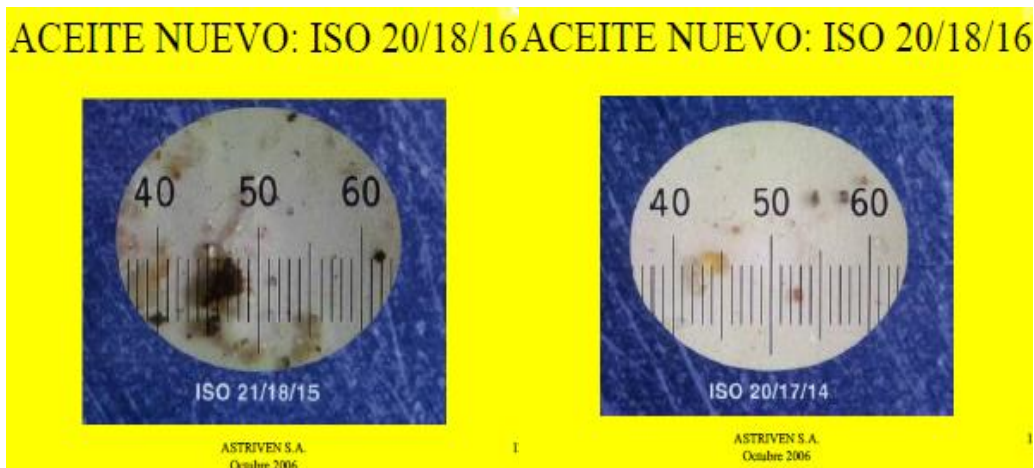
COMPONENTES VARIOS

- Turbinas de vapor.....18/15/12
- Máquinas de papel.....19/16/13
- Cojinetes planos.....17/15/12
- Cojinetes de palillos.....16/14/12
- Cojinetes de bolas.....15/13/11
- ACEITE NUEVO.....20/18/16

¿CUÁN LIMPIO ES UN ACEITE NUEVO?

Según estudios realizados por la compañía PARKER en los Estados Unidos, el nivel de limpieza promedio de un lubricante nuevo en ese país es ISO 20/18/16.

A continuación algunas fotos de muestras de aceite ampliadas 100 veces su tamaño original.



EL ACEITE NUEVO NO ES SUFICIENTEMENTE LIMPIO


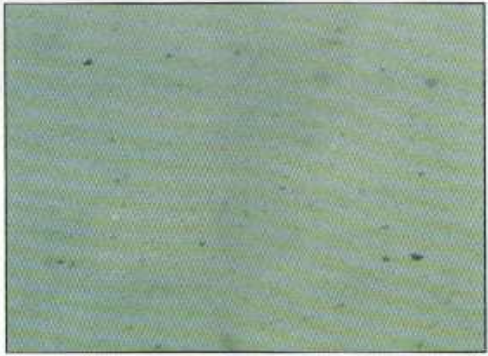
- Si el promedio de limpieza de un aceite nuevo en los Estados Unidos es ISO 20/18/16, significa que ningún aceite nuevo es suficientemente limpio para casi todas las aplicaciones antes mencionadas, por lo cual debe microfiltrarse antes de usarse.

CÓMO SE TRABAJA EN EL ECUADOR

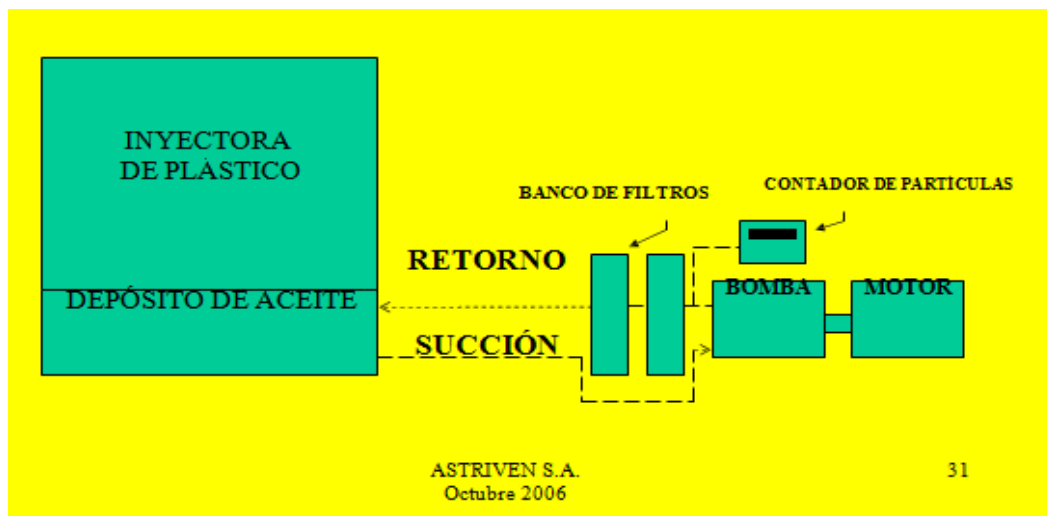
Resultados promedios de 250 muestras de aceite tomadas de diferentes máquinas en el Ecuador en un lapso de 3 años por la compañía ASTRIVEN S.A.

INDUSTRIA SIDERÚRGICA (central hidráulica)	NAVIERA (sistema hidráulico)
<ul style="list-style-type: none"> • Aceite más limpio: ISO 19/17/12 • Aceite menos limpio: ISO 21/19/15 • Componente más sensible: BOMBA DE PALETAS: ISO 18/16/14 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite más limpio: ISO 19/17/13 • Aceite menos limpio: ISO 24/24/22 • Componente más sensible: BOMBA DE PISTON: ISO 17/16/13
 <p>ISO 21/18/15</p> <p>ASTRIVEN S.A. Octubre 2006</p>	 <p>ISO 19/16/13</p> <p>ASTRIVEN S.A. Octubre 2006</p>

ACEITE MICROFILTRADO POR MEDIO DE SISTEMA EN PARALELO

 <p>ISO 16/14/12</p>	 <p>Fluido ISO 16/14/11 (ampliación 100x)</p>
--	--

¿CÓMO TRABAJA EL FILTRADO DE LUBRICANTE EN PARALELO?



¿CÓMO SE CONTAMINA EL ACEITE?

- a) Fuentes externas: polvo del ambiente, envases de aceite sucios.
- b) Fuentes internas: partículas de desgaste, partículas de aceite oxidado, refrigerante, agua del sistema de enfriamiento.
- c) No hay respiraderos , respiraderos en mal estado, respiraderos no apropiados.

¿ POR QUÉ ES INDISPENSABLE EL FILTRADO EN PARALELO ?

- Porque se ha comprobado que el filtrado en línea, por medio de el ó los filtros instalados en el circuito, no es suficiente para lograr los niveles de limpieza óptimos para una aplicación determinada.
- Lo normal es que se requieran múltiples pasadas del aceite a través de los filtros y esto no lo permite el filtrado en línea.
- También influye el hecho de que el caudal que puede manejar la bomba de aceite del circuito tiene limitaciones de diseño.

VENTAJAS DEL FILTRADO EN PARALELO

- 1.- Puede mejorar el nivel de limpieza del aceite por encima del producto nuevo.
- 2.- Puede manejar caudales superiores al filtrado en línea, logrando así mejor resultado en menos tiempo.
- 3.- Permite realizar flushing a todo el circuito de lubricación.
- 4.- No requiere que se detenga la operación de la máquina.

EXPLICACION DE LA TABLA DEEXTENSION DE VIDA...

- Si el nivel de limpieza se logra mejorar por arriba de ISO 16/13 , por ejemplo a ISO 13/10 , la extensión del tiempo de vida útil de los componentes de un sistema hidráulico ya no será de 4 veces sino de 9 veces más, traduciéndose

ello en un enorme ahorro en paradas no programadas, repuestos, mano de obra y lubricante que pagará ampliamente la inversión en el microfiltrado.

CONCLUSIÓN

En Ecuador casi en el 100 % de los casos estudiados se trabaja por debajo de los niveles de limpieza mínimos de lubricante recomendados por los fabricantes de equipos, lo cual trae como consecuencia gastos enormes por efecto de:

- Lucro cesante
- Paradas no programadas.
- Gastos en repuestos.
- Gastos en mano de obra.
- Gastos extra en lubricante.

¿CUÁNTO DINERO PERDEMOS POR NO TRABAJAR CORRECTAMENTE?

- Como una muestra de lo que sucede en el

Ecuador, mencionamos la siguiente realidad:

- Una bomba hidráulica de un costo promedio de US\$ 5.000.00 que en los Estados Unidos y Europa dura normalmente entre 20 y 30.000 horas, en el Ecuador el promedio no es más de 2.000 horas.

- Además, en cualquier momento puede detenerse la producción de una máquina clave de nuestra fábrica por los daños causados por la presencia de partículas en el aceite.

RECOMENDACIONES

- Capacitar a Ejecutivos principales de las empresas que son los que toman las decisiones.
- Capacitar a los Gerentes y Jefes de Mantenimiento.

- Establecer en la industria nacional políticas a largo plazo de monitoreo de las condiciones del lubricante en uso.
- Atención especial al nivel de limpieza ISO del lubricante con que trabajan nuestras máquinas.

ASTRIVEN S.A.

Octubre 2006

ANEXO F
Fotografías

<p>Bomba usada en el desarrollo de pruebas.</p>	<p>Instrumentos utilizados(manómetro)</p>
<p>Herramientas utilizadas para preparar la tubería</p>	<p>Tareas realizadas prebvias al montaje (corte)</p>
<p>Tareas realizadas prebvias al montaje (roscado de tubería)</p>	<p>Etapa de montaje (Colocación de accesorios)</p>



Etapa de montaje (instalación de tubería)



Etapa de montaje (instalación de tubería)



Revisión en el funcionamiento del banco de pruebas.



Verificación de la retención de partículas



Verificación de la retención de partículas (luego de desarrollarse las respectivas pruebas)

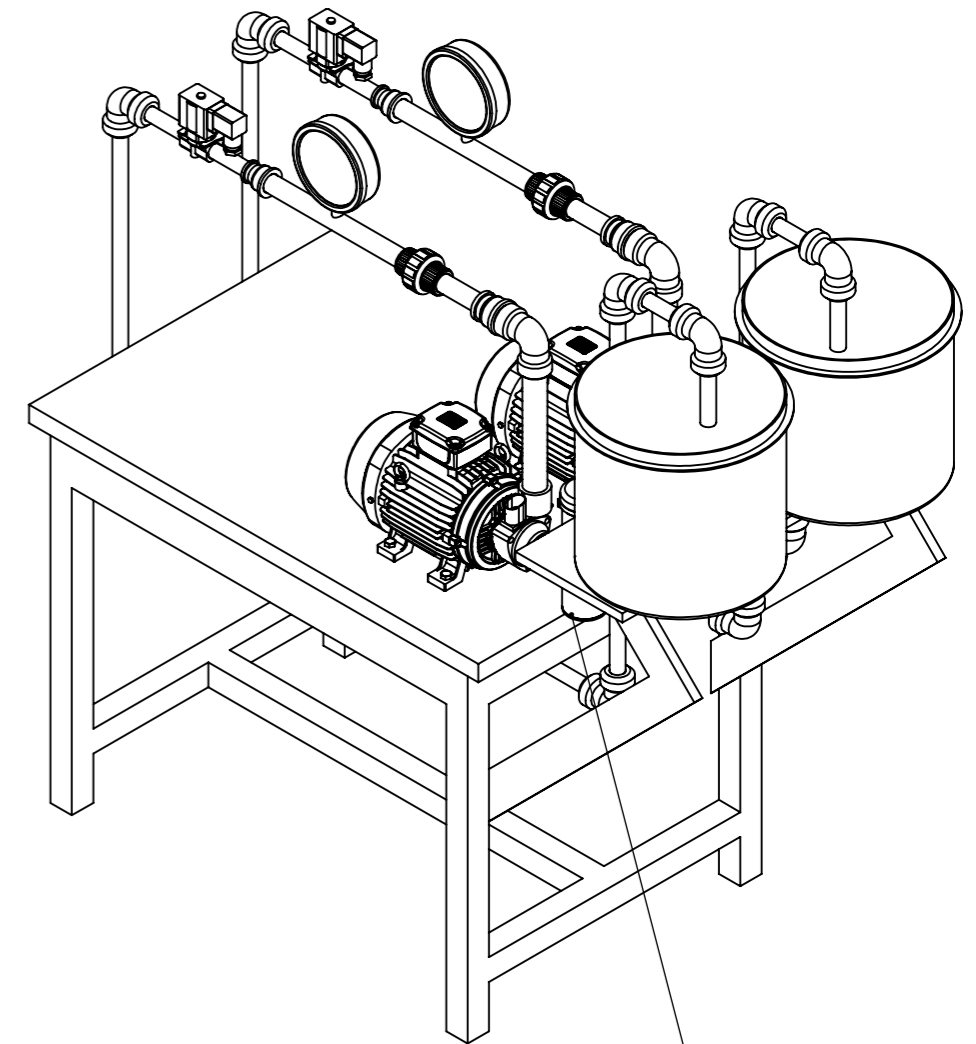
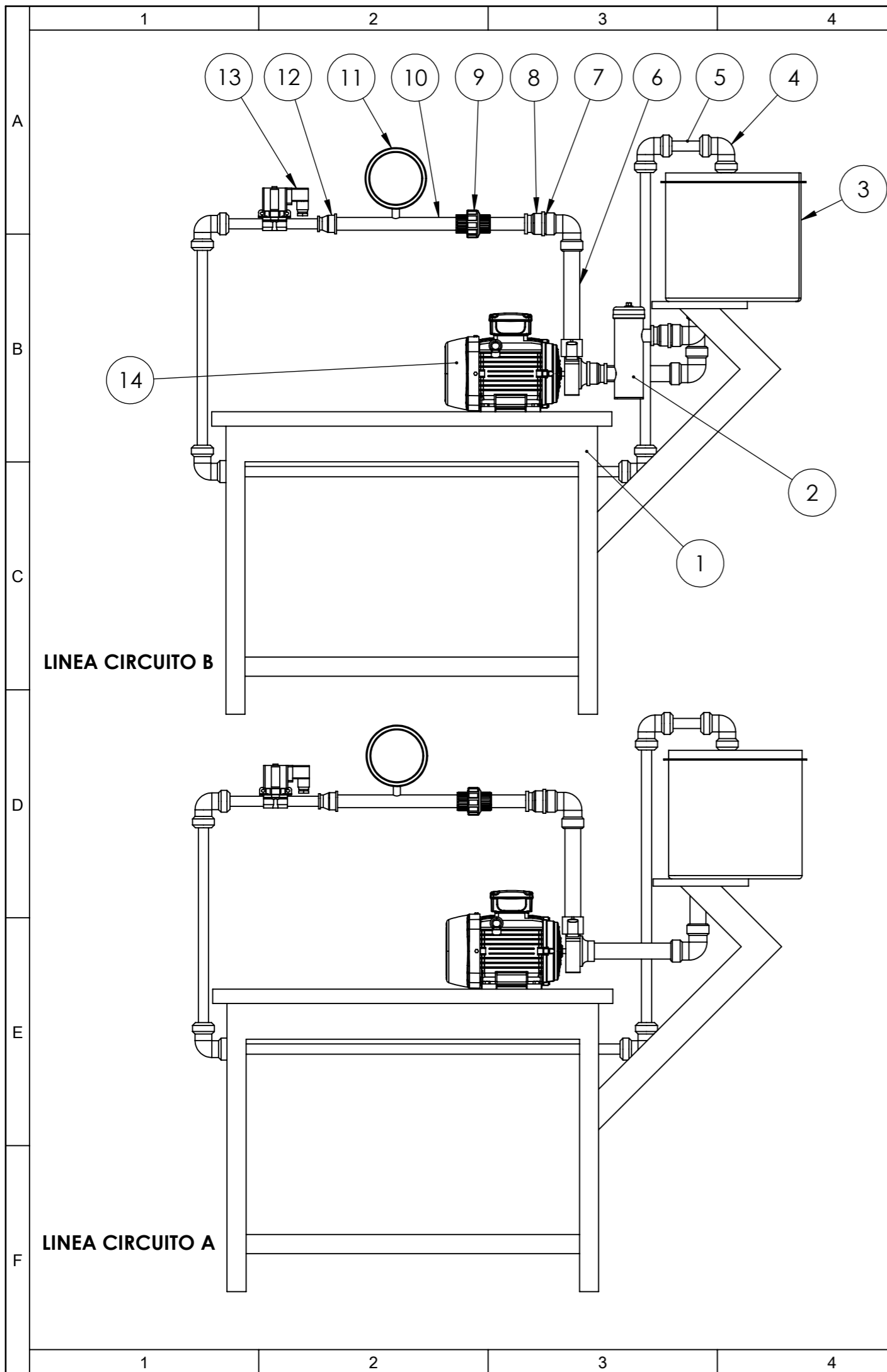


Nótese de la inexistencia de partículas contaminantes adheridas a las paredes internas del cilindro.

ANEXO G

PLANOS

BANCO DE PRUEBAS

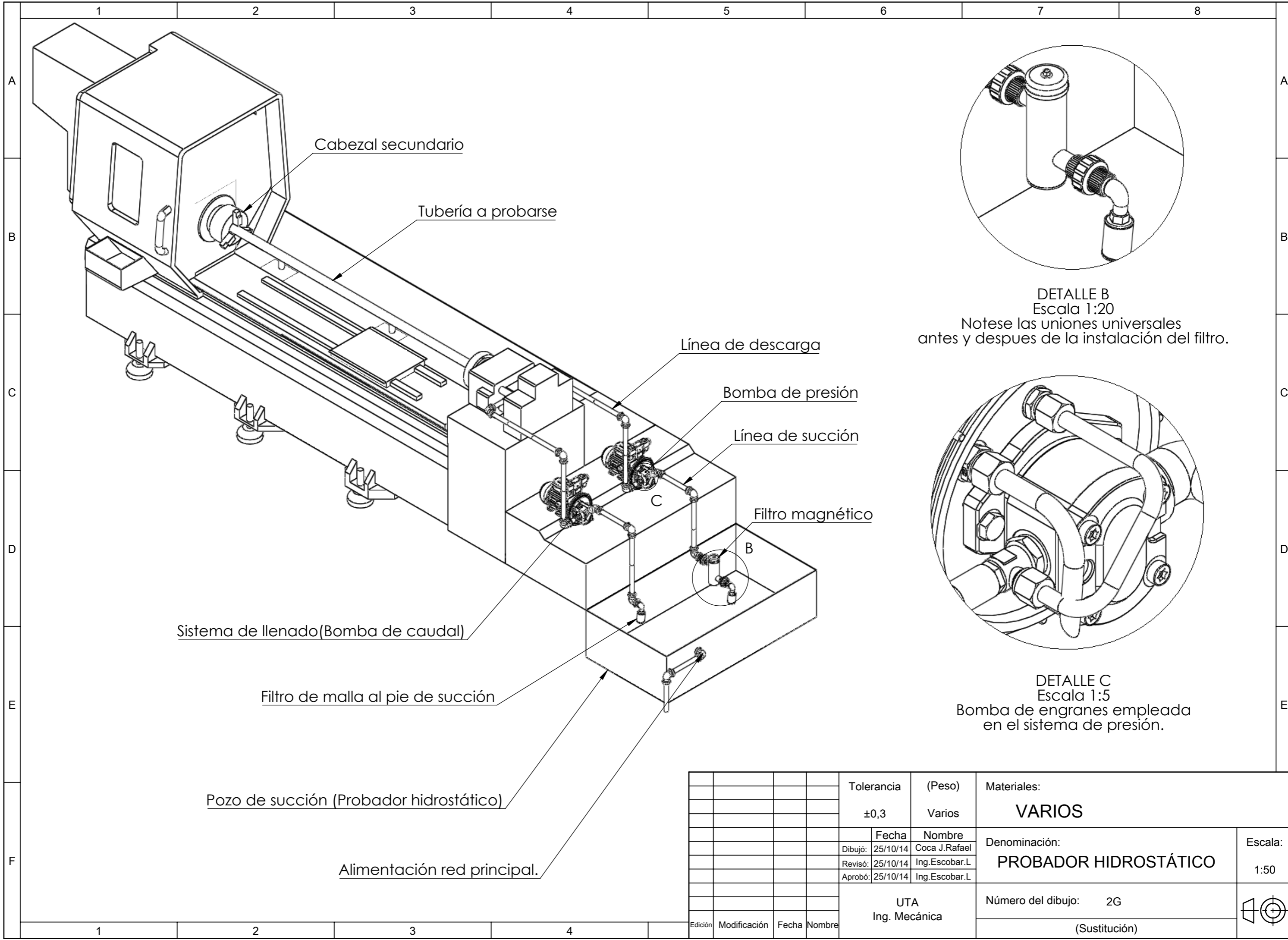


Nota: Obsérvese que la línea b presenta la instalación del filtro

14	1	Bomba 1/2 HP	varios	Adquisición externa
13	1	Válvula solenoide	varios	Adquisición externa
12	1	Reductor 3/4-1/2 plg	PVC	Adquisición externa
11	1	Manómetro		Adquisición externa
10	1	Tubería 3/4 plg	PVC	Adquisición externa
9	2	Unión universal 1 plg.	PVC	Adquisición externa
8	3	Reductor 1-3/4 plg.	PVC	Adquisición externa
7	3	Uniones 1plg	PVC	Adquisición externa
6	1	Tubería 1 plg.	PVC	Adquisición externa
5	1	Tubería 1/2 plg.	PVC	Adquisición externa
4	5	codo standar 90° * 1/2 plg.	PVC	Adquisición externa
3	1	Reservorio	PET	Adquisición externa
2	1	Filtro magnético	varios	Adquisición externa
1	1	Mesa soporte		Adquisición externa
Nº Orden	Nº Pieza	Denominación	Material	Observación

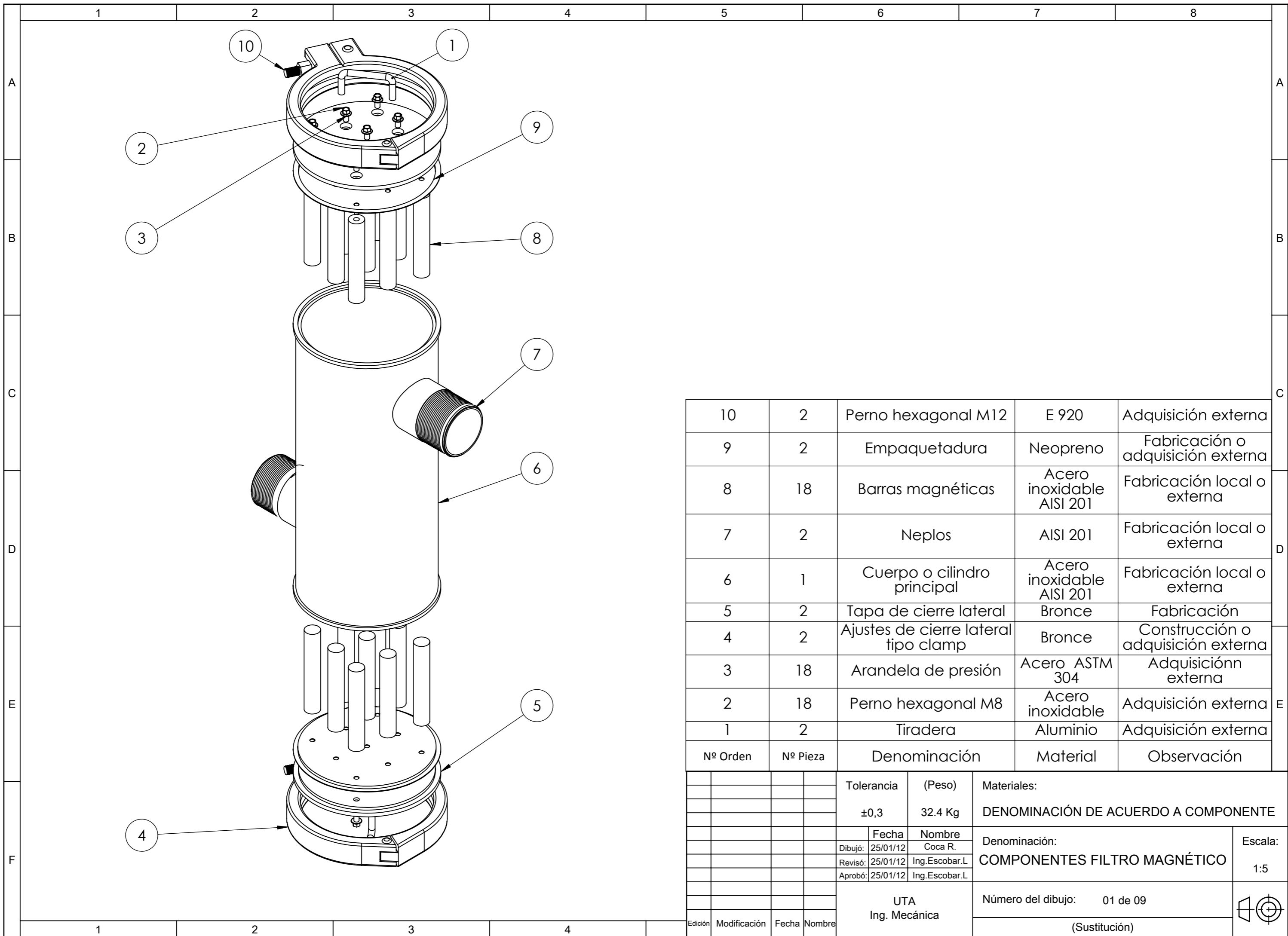
		Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
		±0,3	1 Kg	VARIOS	
		Fecha	Nombre	Denominación:	
		Dibujó: 25/10/14	Coca J.Rafael	BANCO DE PRUEBAS	
		Revisó: 25/10/14	Ing.Escobar L.	Escala:	
		Aprobó: 25/10/14	Ing.Escobar L.	1:10	
		UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 1G	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)	

EQUIPO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,3	Varios	VARIOS	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 25/10/14	Coca J.Rafael	PROBADOR HIDROSTÁTICO	1:50
				Revisó: 25/10/14	Ing.Escobar.L		
				Aprobó: 25/10/14	Ing.Escobar.L		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 2G	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

FILTRO MAGNÉTICO INDUSTRIAL



Nº Orden	Nº Pieza	Denominación	Material	Observación
10	2	Perno hexagonal M12	E 920	Adquisición externa
9	2	Empaquetadura	Neopreno	Fabricación o adquisición externa
8	18	Barras magnéticas	Acero inoxidable AISI 201	Fabricación local o externa
7	2	Neplos	AISI 201	Fabricación local o externa
6	1	Cuerpo o cilindro principal	Acero inoxidable AISI 201	Fabricación local o externa
5	2	Tapa de cierre lateral	Bronce	Fabricación
4	2	Ajustes de cierre lateral tipo clamp	Bronce	Construcción o adquisición externa
3	18	Arandela de presión	Acero ASTM 304	Adquisición externa
2	18	Perno hexagonal M8	Acero inoxidable	Adquisición externa
1	2	Tiradera	Aluminio	Adquisición externa

Tolerancia		(Peso)	Materiales:	
±0,3		32.4 Kg	DENOMINACIÓN DE ACUERDO A COMPONENTE	
Fecha		Nombre	Denominación:	
Dibujó:	25/01/12	Coca R.	COMPONENTES FILTRO MAGNÉTICO	
Revisó:	25/01/12	Ing.Escobar.L	Escala:	
Aprobó:	25/01/12	Ing.Escobar.L	1:5	
UTA Ing. Mecánica			Número del dibujo: 01 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	(Sustitución)	

1

2

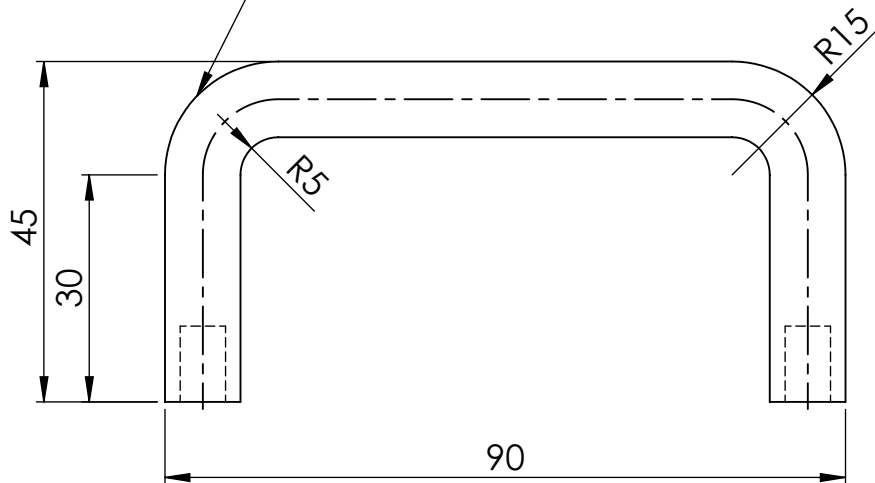
3

4

A

 $\frac{N8}{(\nabla)}$

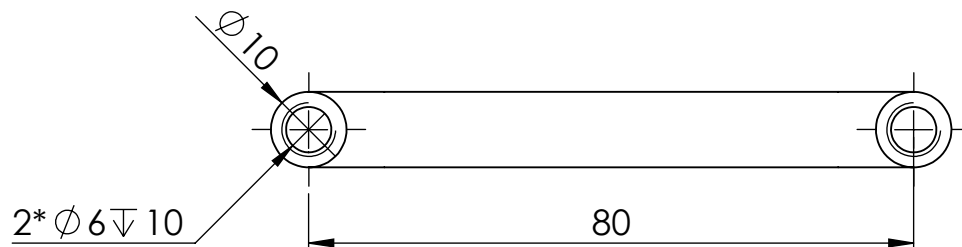
Doblar a 90° a la distancia indicada



B

C

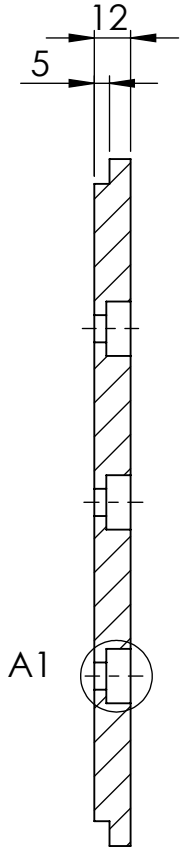
D



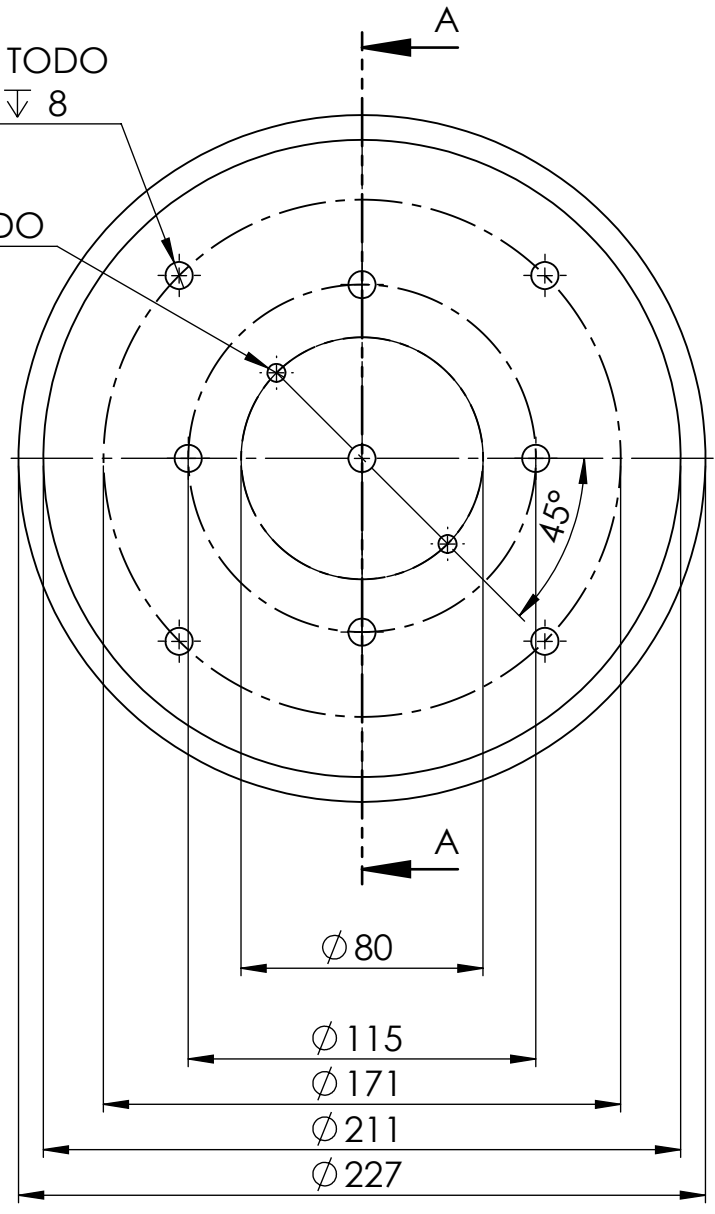
E

				TOLERANCIA:	PESO: (Kg)	MATERIAL:		
				+/- 0.3	0.1 kg	AISI 4340		
					FECHA	NOMBRE	TITULO:	
				DIBUJO:	Coca R.	25/10/2014		TIRADERA
				REVISO:	Ing.Escobar	25/10/2014		
				APROBO:	Ing.Escobar	25/10/2014		
				U.T.A.		NUMERO DE LAMINA	ESCALA:	
				INGENIERIA MECANICA		02 de 09		1:1
EDICION	MODIFICACION	FECHA	NOMBRE			SUSTITUCIÓN:		

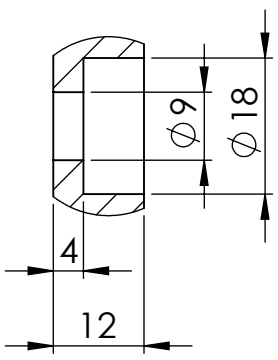
N8
(▽)



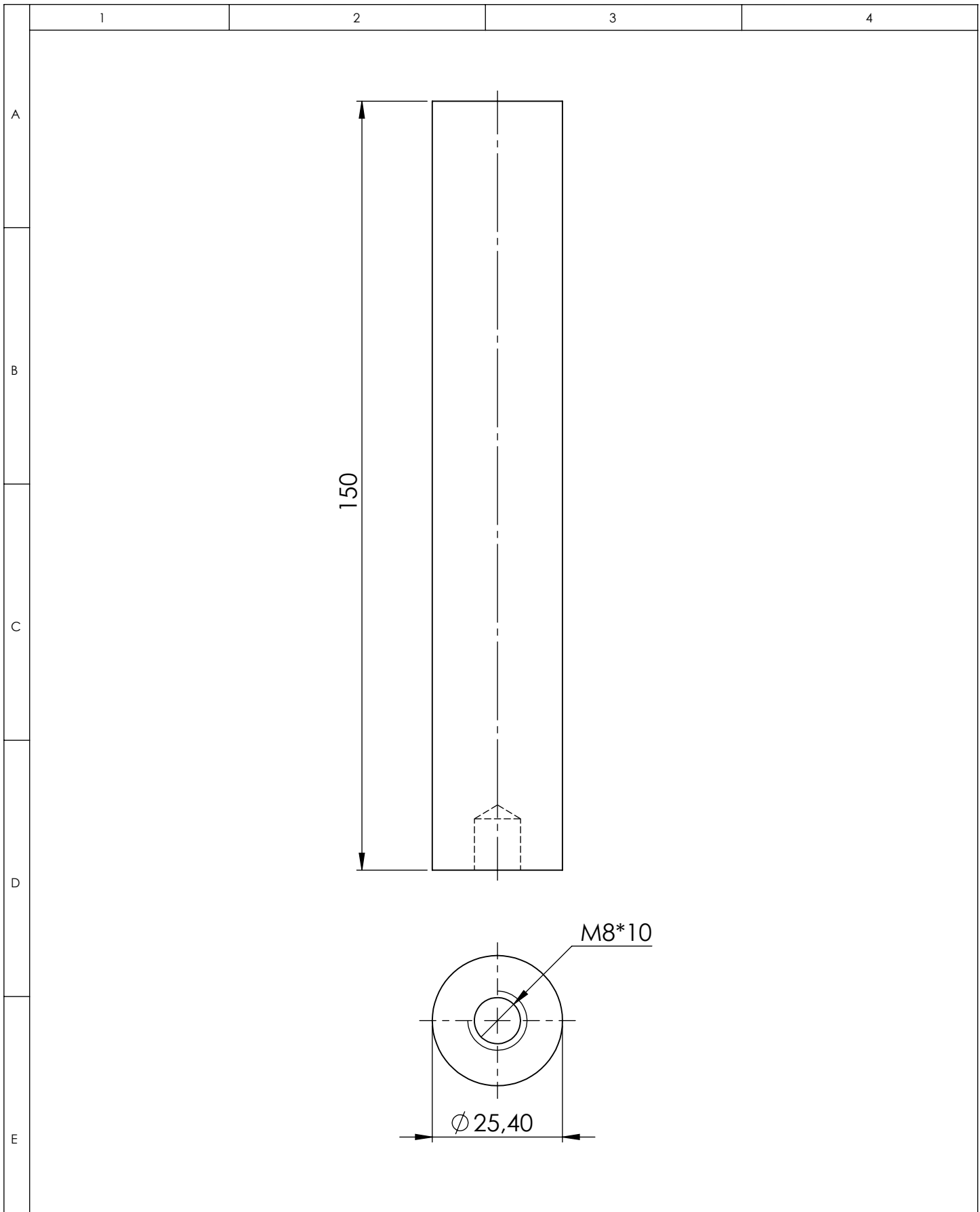
9 x $\phi 9$ POR TODO
 $\square \phi 18 \nabla 8$
 2* $\phi 6$ POR TODO



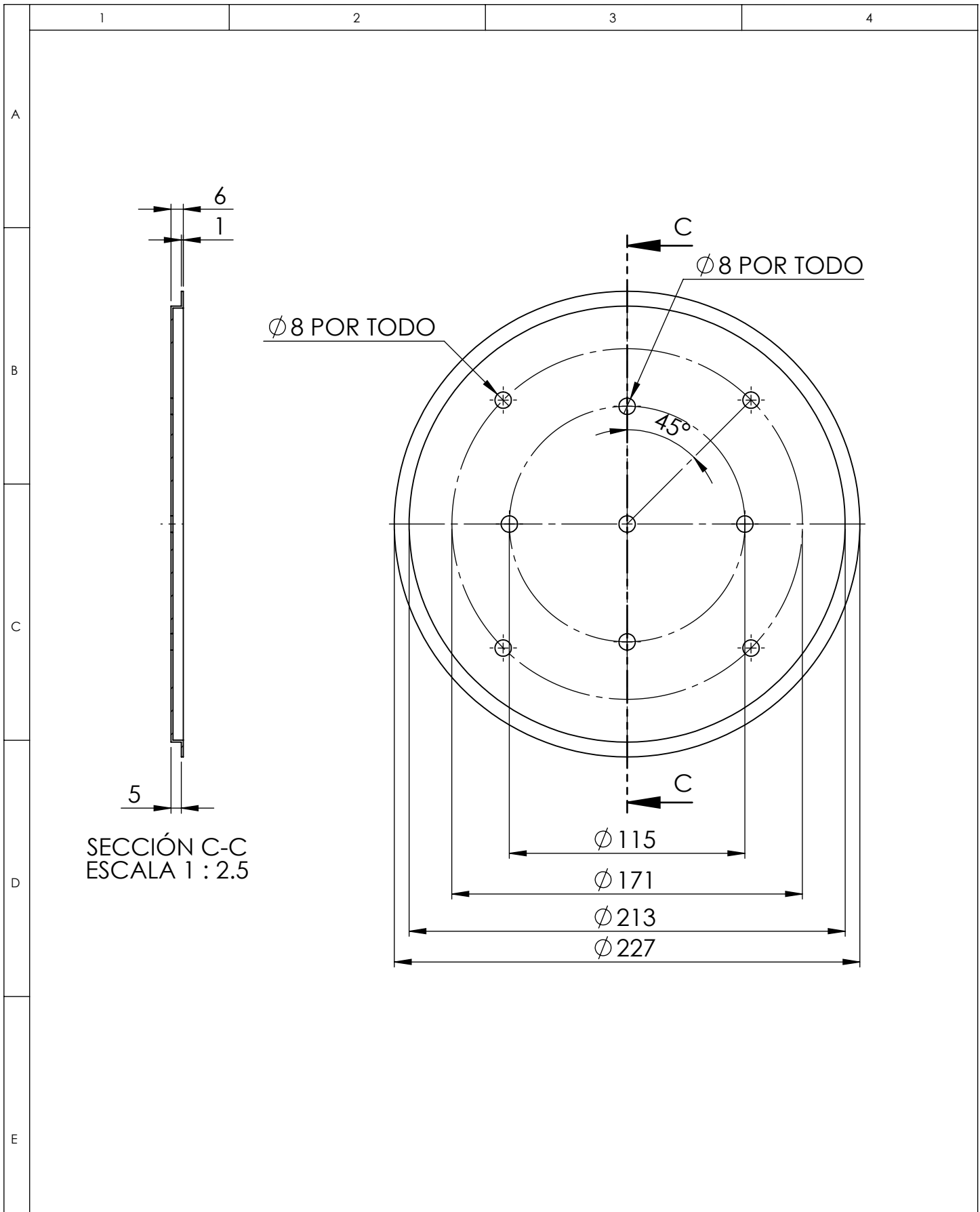
DETALLE A1
 ESCALA 1:1



		TOLERANCIA:		PESO: (Kg)		MATERIAL:	
		+/- 0.3		1.6 kg		ACERO ASTM A 36	
		FECHA		NOMBRE		TITULO:	
		DIBUJO: 25-10-2014		Coca J.Rafael		TAPA DE CIERRE LATERAL	
		REVISO: 25-10-2014		Ing Escobar.L		ESCALA:	
		APROBO: 25-10-2014		Ing Escobar.L		1:2.5	
		U.T.A.		NUMERO DE LAMINA		03 de 09	
EDICION		MODIFICACION		INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCIÓN:	
FECHA		NOMBRE					



				TOLERANCIA:	PESO: (Kg)	MATERIAL:	
				+/- 0.3	0.9 kg	ACERO INOXIDABLE AISI 201	
					FECHA	NOMBRE	TITULO:
				DIBUJO:	25-10-2014	Coca J.Rafael	
				REVISO:	25-10-2014	Ing Escobar.L	
				APROBO:	25-10-2014	Ing Escobar.L	ESCALA:
				U.T.A.		NUMERO DE LAMINA	1:1
						INGENIERIA MECANICA	
EDICION	MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	SUSTITUCIÓN:			



SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 2.5

				TOLERANCIA:	PESO: (Kg)	MATERIAL:	
				+/- 0.3	0.15 kg	NEOPRENO	
					FECHA	NOMBRE	TITULO:
				DIBUJO:	25-10-2014	Coca J.Rafael	EMPAQUETADURA LATERAL
				REVISO:	25-10-2014	Ing Escobar.L	
				APROBO:	25-10-2014	Ing Escobar.L	
				U.T.A.		NUMERO DE LAMINA	05 De 09
EDICION	MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCIÓN:	ESCALA: 1:2.5



1

2

3

4

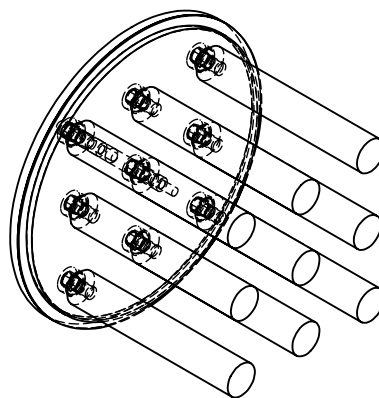
A

B

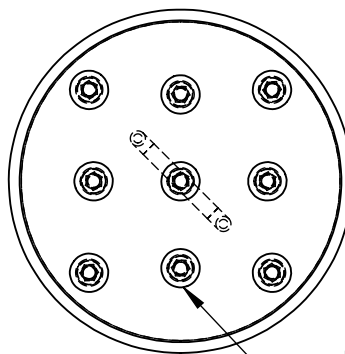
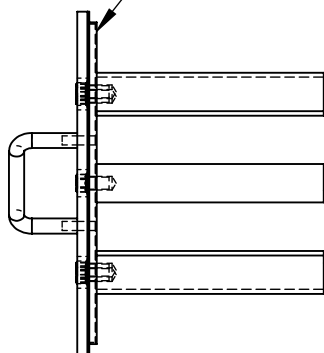
C

D

E



Al colocar la empaquetadura utilizar pegamento, luego limpiar las rebabas producidas

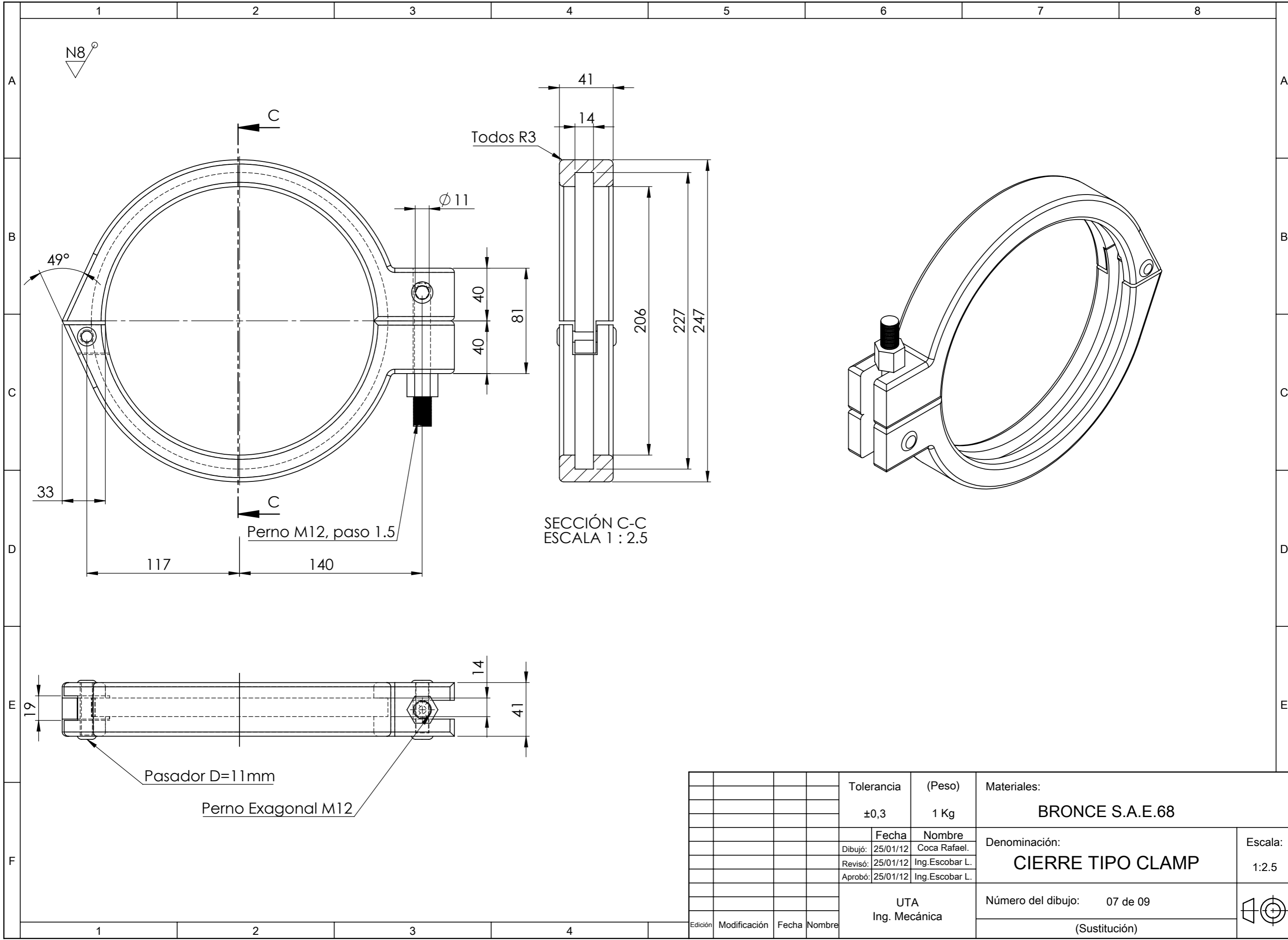


Utilizar pernos M8 para acoplar las barras magnéticas

Notese que las barras magnéticas están acopladas a la tapa lateral.

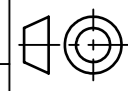
El número total de barras es igual a 9, las mismas que están distribuidas uniformemente.

				TOLERANCIA:	PESO: (Kg)	MATERIAL:	
				+/- 0.3	10.95 kg	DENOMINACIÓN DE ACUERDO A COMPONENTE	
					FECHA	NOMBRE	TITULO:
				DIBUJO:	25/10/2014	Coca J.Rafael	ENSAMBLE PARCIAL DE TAPA LATERAL
				REVISO:	25/10/2014	Ing. Escobar L.	
				APROBO:	25/10/2014	Ing. Escobar L.	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		NUMERO DE LAMINA	06 de 09
EDICION	MODIFICACION	FECHA	NOMBRE			SUSTITUCIÓN:	
							ESCALA: 1:5



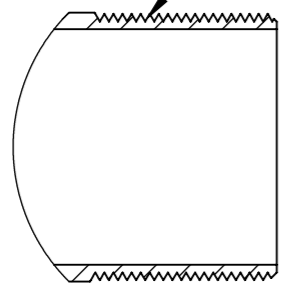
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,3	1 Kg	BRONCE S.A.E.68	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	25/01/12	Coca Rafael.	
				Revisó:	25/01/12	Ing.Escobar L.	
				Aprobó:	25/01/12	Ing.Escobar L.	Número del dibujo: 07 de 09
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Escala: 1:2.5

CIERRE TIPO CLAMP

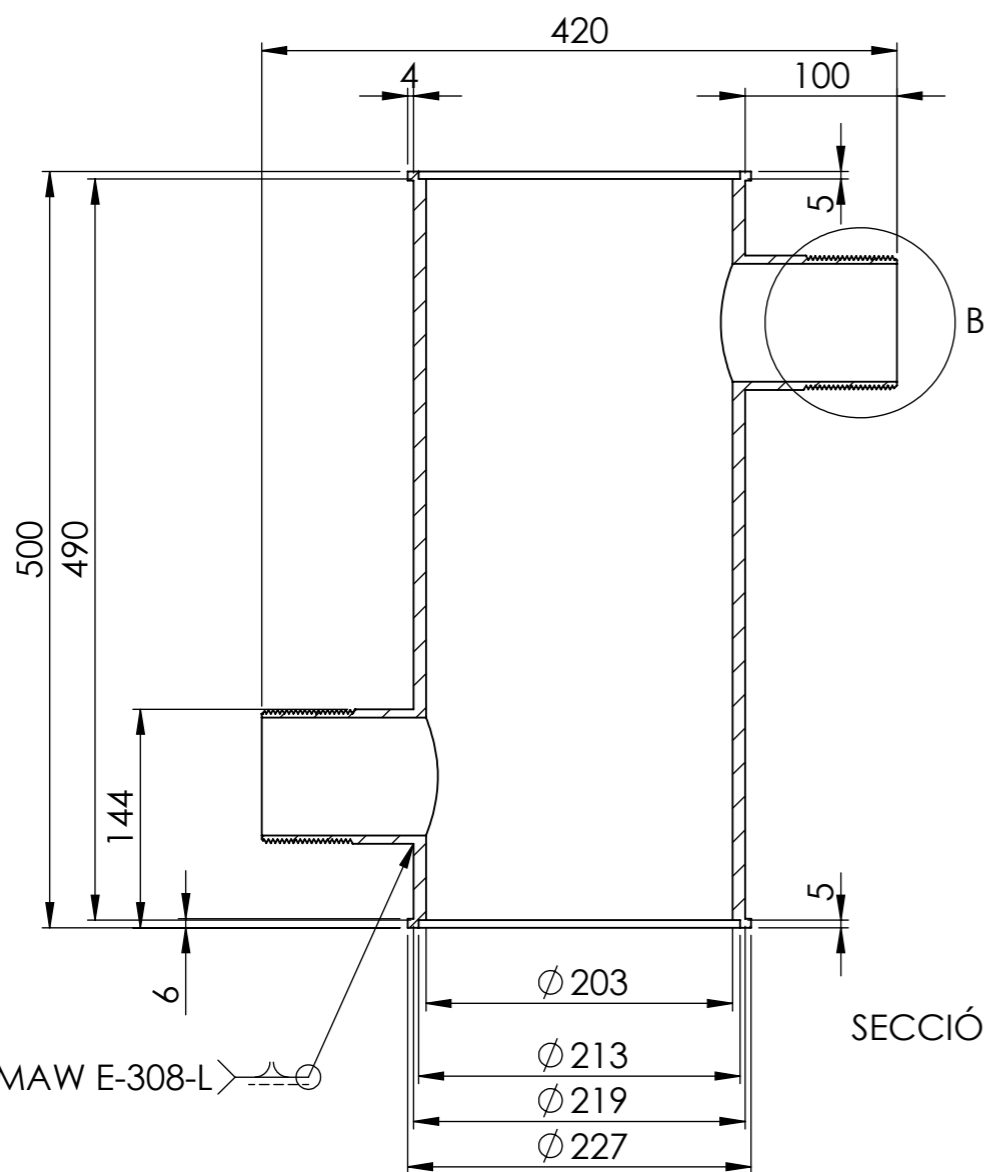
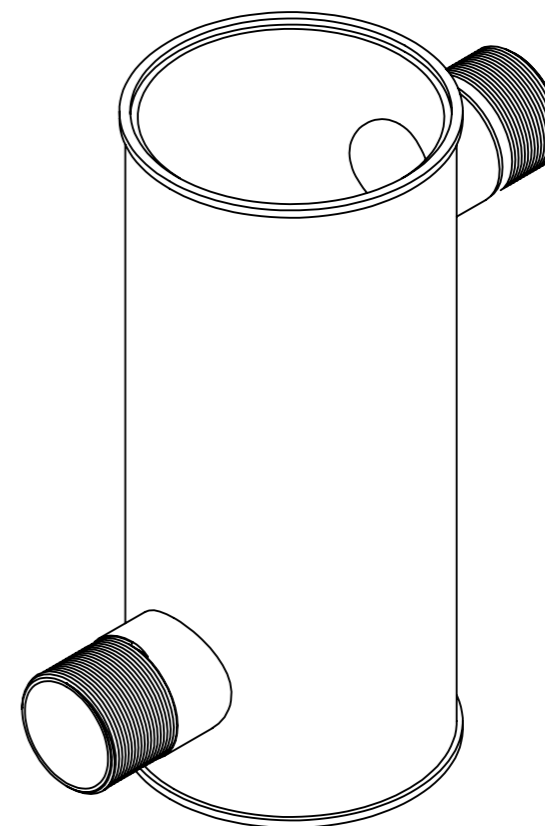
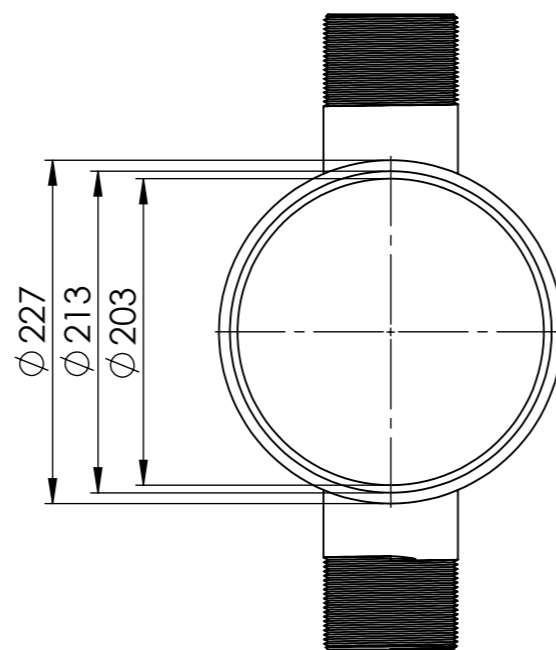


N7
(∇)

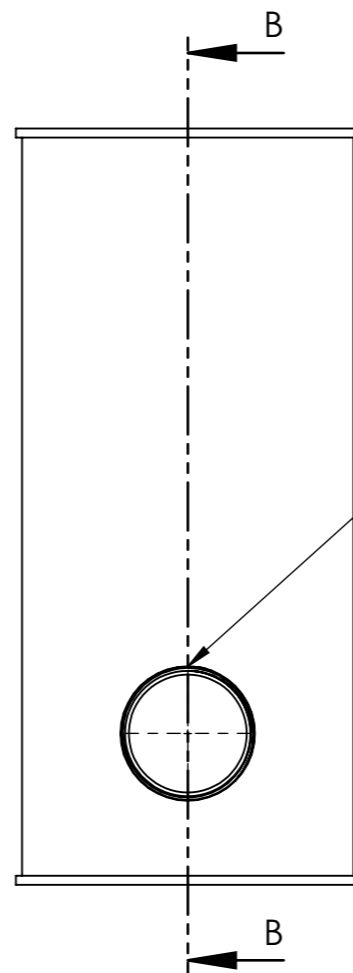
D.ext=3plg
#hilos=16 hilos/plg
Longitud rosca=2.5plg



DETALLE B
ESCALA 1 : 2.5



SECCIÓN B-B

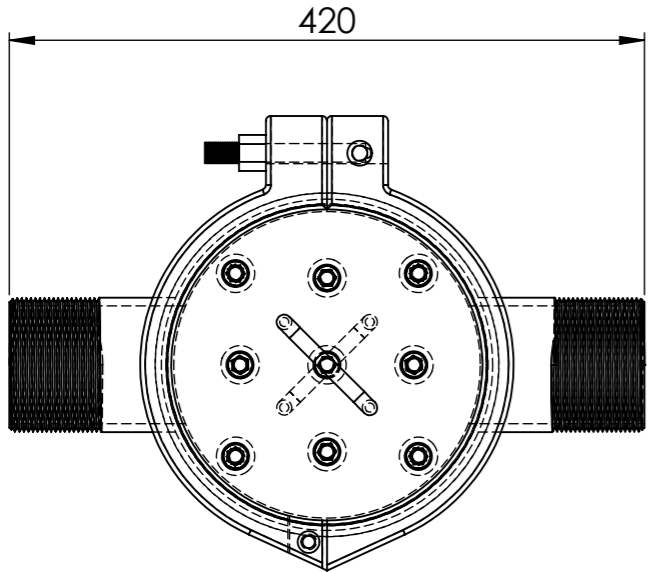


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,3$	10.5 Kg	ACERO INOXIDABLE AISI 201	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	25/10/14	Coca J.Rafael.	CILINDRO PRINCIPAL
				Revisó:	25/10/14	Ing.Escobar.L	
				Aprobó:	25/10/14	Ing.Escobar.L	
				UTA		Número del dibujo: 08 de 09	
				Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:5	

Tolerancia		(Peso)	Materiales:	
$\pm 0,3$		10.5 Kg	ACERO INOXIDABLE AISI 201	
	Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
Dibujó:	25/10/14	Coca J.Rafael.	CILINDRO PRINCIPAL	1:5
Revisó:	25/10/14	Ing.Escobar.L		
Aprobó:	25/10/14	Ing.Escobar.L		
UTA		Número del dibujo: 08 de 09		
Ing. Mecánica		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	

1 2 3 4 5 6 7 8

A



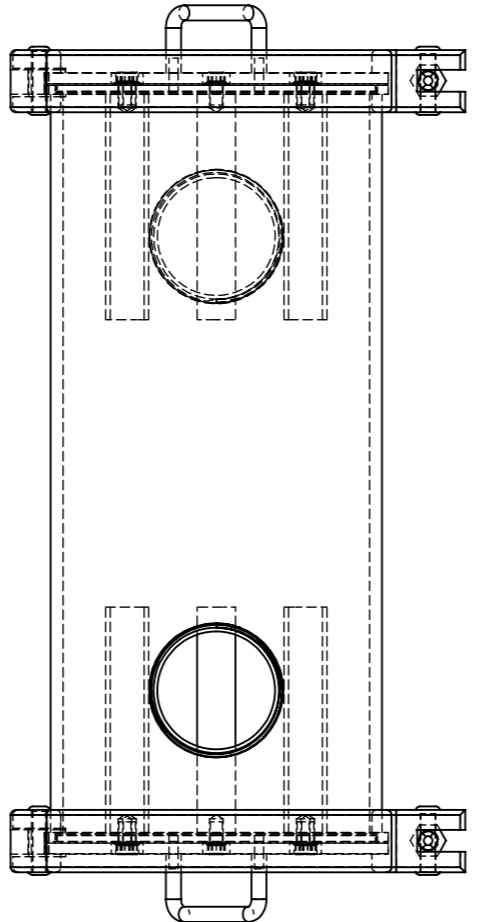
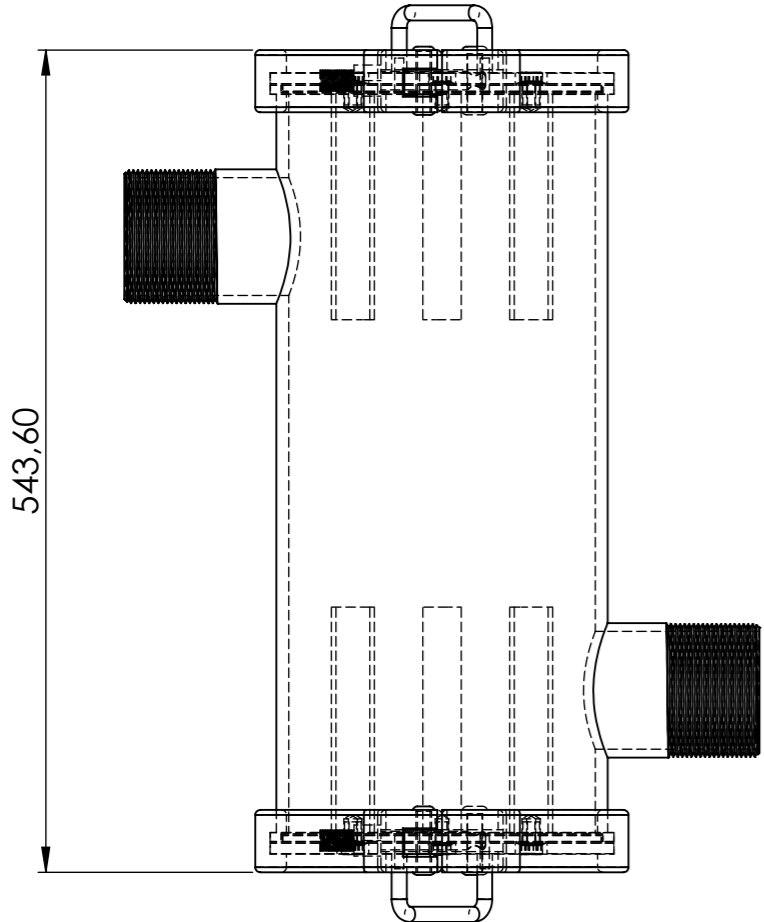
B

C

D

E

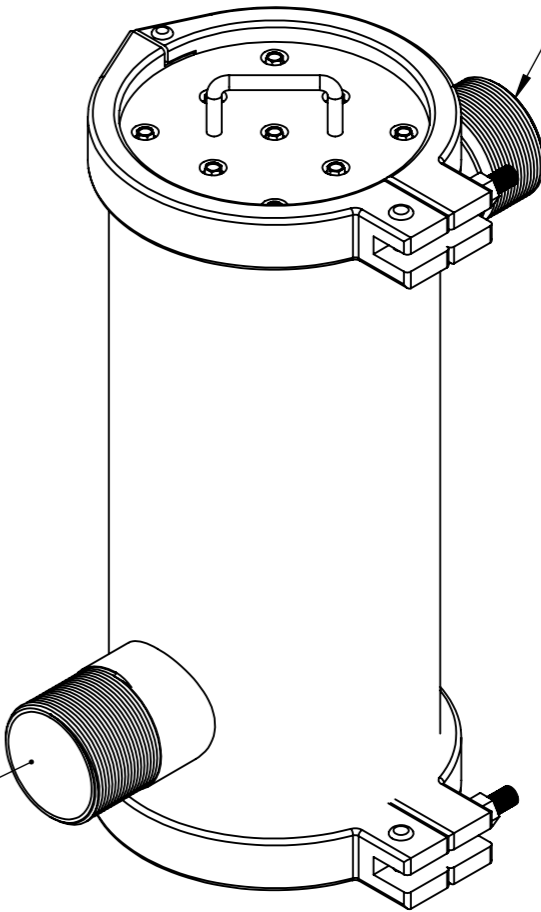
F



Nota: La instalación se debe realizar en posición vertical, debido a que en cuanto se paralice las actividades los sólidos puedan decantarse por gravedad y facilite la tarea de limpieza.

Salida de fluido

Succión de fluido



Especificaciones:	
Fluido a circular:	Aceite soluble
Peso:	32.4 Kg
Material:	Acero Inoxidable AISI 201
Energía magnética:	34.65E-03KJ
Capacidad del cilindro:	14.9 lt

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,3	32.4 Kg	VARIOS	
					Fecha	Nombre	Denominación: FILTRO MAGNÉTICO
				Dibujó:	25/10/14	Coca J.Rafael.	
				Revisó:	25/10/14	Ing.Escobar.L	
				Aprobó:	25/10/14	Ing.Escobar.L	Escala: 1:5
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 09 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1 2 3 4