

**DISEÑO DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y
APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER, ADSCRITO A LA ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA**

CRISTIAN JAVIER SIERRA MONTAÑO

JULIO CESAR PADILLA RUEDA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2006

**DISEÑO DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y
APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER, ADSCRITO A LA ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA**

**CRISTIAN JAVIER SIERRA MONTAÑO
JULIO CESAR PADILLA RUEDA**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero Mecánico**

Director

**NESTOR RAÚL D'CROZ TORRES
Ingeniero Mecánico**

Codirector

**JAVIER RUGELES PEREZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2006

DEDICATORIA

*A Dios,
A mis padres por su inquebrantable fe y apoyo,
A Nela por su gran amor
A mi familia.*

Julio

DEDICATORIA

*A Dios,
A mis padres por su inquebrantable fe y apoyo,
A mi familia.*

Cristian

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto agradecen a:

Al Ingeniero NESTOR RAÚL D'CROZ TORRES por ser nuestra guía y brindarnos sus conocimientos para el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero JAVIER RUGELES PÉREZ por su colaboración.

A la Universidad Industrial de Santander y en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica por la formación impartida a lo largo de nuestra experiencia universitaria.

A aquellos profesores que hacen de la Ingeniería Mecánica una verdadera vocación.

Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DISEÑO DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS	4
1.1 DESCRIPCION DEL ESPACIO FÍSICO DISPONIBLE PARA EL NUEVO LABORATORIO.	4
1.2 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS	6
1.3 DETERMINACION DE LAS FUNCIONES DEL LABORATORIO	7
1.4 DEFINICION DE LAS PRUEBAS A REALIZAR	7
2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS QUE CONFORMARAN EL LABORATORIO	18
2.1 PRINCIPALES FABRICANTES DE EQUIPOS DIDÁCTICOS PARA LABORATORIO	18
2.2 EQUIPOS DE LABORATORIO SELECCIONADOS	22
2.2.1 Viscosímetro Rotativo	22
2.2.2 Calibrador de presión	26
2.2.3 Tamiz vibratorio con microprocesador	27
2.2.4 Equipo para la caracterización de bombas centrífugas	29
2.2.5 Equipo para el estudio del golpe de ariete en instalaciones hidráulicas.	31
2.2.6 Banco para el estudio de la producción de aire comprimido. Características técnicas:	32
2.2.7 Equipo para el estudio de bombas reciprocantes	35
2.2.8 Equipos para el estudio de Turbinas Francis y Pelton	36

2.2.9	Equipo Master 2000: Dinamómetro y controlador para unidad de Turbinas	38
2.2.10	Equipo para el estudio de Turbina Axial	39
2.2.11	Equipo para caracterización de ventiladores	40
3.	MANUAL DE PROTOCOLO	42
3.1	INTRODUCCIÓN	42
3.2	Logotipo del Laboratorio	43
3.3	MISION	43
3.4	VISION	44
3.5	PLAN ACADEMICO	44
3.6	Reseña de equipos y pruebas académicas	46
3.7	Pruebas Académicas	50
3.7.1	Banco de Caracterización de Bombas centrífugas	50
3.7.2	Banco de bomba de émbolo	60
3.7.3	Banco de Aire comprimido	66
3.7.4	Banco de Golpe de Ariete	73
3.7.5	Banco de Turbinas Francis y Pelton	80
3.7.6	Banco de Turbina de Hélice	91
3.7.7	Banco de visualización	98
3.7.8	Banco de caracterización de ventiladores	100
3.7.9	Viscosímetro Rotativo	105
3.7.10	Calibración de medidores de presión usando el calibrador KERN	114
3.8	Prácticas Computacionales	117
4.	DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICO	122
4.1	Introducción	122
4.1.1	Delimitación del espacio disponible.	122
4.1.2	Descripción general del banco de pruebas.	123
4.1.3	Diseño y selección del sistema de bombeo.	123

4.1.5	Diseño tanque	146
4.1.6	Variador de velocidad.	152
4.1.7	Circuito de control y de potencia	153
4.1.8	Cálculos térmicos.	154
5.	ADECUACIONES A LA PLANTA FÍSICA DEL LABORATORIO	160
5.1	Adecuaciones locativas	160
5.1.1	Iluminación.	160
5.1.2	Red eléctrica.	169
5.1.3	Planta física	173
5.1.4	Seguridad.	186
5.1.5	Muebles.	189
5.1.6	Recomendaciones para la distribución en planta.	189
6.	APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 17025 AL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS Y RECOMENDACIONES PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS	192
6.1	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	193
6.2	Propósito de la aplicación de la norma en el diseño del laboratorio de sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos.	194
6.3	Organización	195
6.3.1	Director del Laboratorio.	195
6.3.2	Perfil del Director del Laboratorio	196
6.3.3	Funciones del Director del Laboratorio.	197
6.3.4	Auxiliares de Laboratorio.	197
6.3.5	Perfil del auxiliar.	198
6.3.6	Funciones del Auxiliar del Laboratorio.	198
6.3.7	Coordinador de Investigación.	199
6.3.8	Perfil del Coordinador de Investigación.	199
6.3.9	Funciones del Coordinador de Investigación.	200

6.4	Mantenimiento	201
6.4.1	Inventario.	203
6.4.2	Codificación.	203
6.4.3	Niveles de mantenimiento.	205
6.4.4	Programa de mantenimiento.	206
6.4.5	Proceso de solicitud de servicio.	207
6.5	GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO	213
6.6	GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO.	219
6.6.1	Consideraciones generales para el diseño del banco de calibración de medidores de flujo.	221
	CONCLUSIONES	224
	RECOMENDACIONES	226
	BIBLIOGRAFÍA	228
	ANEXOS	231

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Salas Uno y Dos del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos.	5
Figura 2. Pruebas básicas	12
Figura 3. Pruebas de aplicación.	14
Figura 4. Viscosímetro Brookfield	22
Figura 5. Adaptador para pequeñas muestras	24
Figura 6. Baño termostatado	25
Figura 7. Calibrador de presión KELLER	26
Figura 8. Vista general software de adquisición de datos	27
Figura 9. Tamiz Analysette 3 - PRO	27
Figura 10. Equipo Pump Lab	29
Figura 11. Equipo de golpe de ariete	31
Figura 12. Banco para producción y estudio de aire comprimido	33
Figura 13. Equipo para el estudio de Bombas Reciprocantes	35
Figura 14. Equipo para el estudio de Turbinas Francis y Pelton	37
Figura 15. Dinamómetro y Controlador para unidad de Turbinas	38
Figura 16. Equipo para el estudio de Turbina Axial.	39
Figura 17. Banco de caracterización de ventiladores	40
Figura 18. Logotipo del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos	43
Figura 19. Laboratorio de bombas centrífugas.	52
Figura 20. Cavitación en el impulsor (vista con luz estroboscópica)	55
Figura 21. Curva de desempeño bomba centrifuga con impulsor negro	59
Figura 22. Banco de bomba de émbolo	60

Figura 23. Clasificación de las bombas reciprocantes	62
Figura 24. Diagrama Banco de bomba de émbolo.	63
Figura 25. Software de cálculo y adquisición de datos	65
Figura 26. Caudal vs ángulo del cigüeñal	66
Figura 27. Diagrama Equipo de aire comprimido	69
Figura 28. Esquema laboratorio de Aire Comprimido fase II	71
Figura 29. Diagrama Banco de Golpe de ariete	77
Figura 30. Incremento de presión vs tiempo después del cierre rápido de la válvula	79
Figura 31. Diagrama de presión contra tiempo mostrando la naturaleza cíclica de los pulsos de presión con decaimiento debido a la fricción	79
Figura 32. Rodete de Turbina Francis	84
Figura 33. Turbina Pelton de eje horizontal	85
Figura 34. Diagrama Banco de turbinas Francis y Pelton	89
Figura 35. Turbina Kaplan	92
Figura 36. Diagrama banco Turbina de hélice	96
Figura 37. Pantalla principal software de adquisición de datos	98
Figura 38. Sello mecánico	100
Figura 39. Viscosímetro Rotativo	105
Figura 40. Montaje del viscosímetro en Laboratorio	106
Figura 41. Panel de control del viscosímetro	107
Figura 42. Montaje de la unidad de atemperamiento	110
Figura 43. Reporte de pruebas viscosímetro	112
Figura 44. Curvas de flujo, Velocidad de deformación Vs. Tiempo o Esfuerzo de corte	113
Figura 45. Curvas de deformación para determinación de esfuerzo de fluencia.	113
Figura 46. Curvas de índice de flujo y velocidad de deformación	114

Figura 47. Curvas de índice de flujo y velocidad de deformación a diferentes temperaturas.	114
Figura 48. Componentes calibrador de presión	116
Figura 49. Banco de pruebas Fluidodinamicas	122
Figura 50. Bomba Moyno	123
Figura 51. Curva característica del sistema del banco	125
Figura 52. Carta de preselección Bombas Moyno.	126
Figura 53. Bomba Viking de Engranajes internos.	127
Figura 54. Carta de preselección Viking	129
Figura 55. Acople	133
Figura 56. Valores del coeficiente y para espesores que cumplen la siguiente relación $t < D/6$	141
Figura 57. Principales propiedades de tuberías comerciales (en unidades inglesas)	142
Figura 58. Líneas de modelamiento	143
Figura 59. Conexiones de presión bomba Viking	144
Figura 60. Conexiones de presión bomba Moyno	144
Figura 61. Conexiones de presión sistema de líneas. Lado succión	145
Figura 62. Conexiones de presión sistema de líneas. Lado descarga	145
Figura 63. Circuito de control y de potencia	153
Figura 64. Dibujo básico de un local	162
Figura 65. Factor de disminución de la luminosidad causada por suciedad versus intervalo de limpieza en meses.	164
Figura 66. Coeficiente de Utilización para una luminaria tipo Tubo Fluorescente x 2, de aplicación general.	167
Figura 67. Base del Banco de Compresores	180
Figura 68. Base de Banco de Ventiladores	180
Figura 69. Base de Banco de Turbina Pelton, junto con la Turbina.	181

Figura 70. Base y montaje del Banco de Turbina Pelton.	181
Figura 71. Base y Montaje de la Turbina Francis.	182
Figura 72. Base y montaje del Banco de Turbina Michell Banky	182
Figura 73. Base y montaje del Banco de Turbina Francis.	183
Figura 74. Base del equipo de bombeo del Banco de Turbina Francis.	183
Figura 75. Base del equipo de bombeo del Banco de Turbina Michell Banky.	184
Figura 76. Base del equipo de bombeo del Banco de Turbina Francis.	184
Figura 77. Base del equipo de bombeo del Banco de Turbina Pelton.	185
Figura 78. Paredes del primer nivel, sección tanque de agua.	186
Figura 79. Organigrama Propuesto Laboratorio STAF	196
Figura 80. Estructura Organizacional del Sistema de Mantenimiento en la Escuela de Ingeniería Mecánica, UIS.	202
Figura 81. Relaciones Academia-Investigación-Empresa del Laboratorio.	212
Figura 82. Relaciones Academia-Investigación-Empresa del Laboratorio.	213
Continuación	213
Figura 83. Esquema general de la instalación de un medidor de flujo de líquidos cuando se emplea para su calibración una medida volumétrica.	222
Figura 84. Esquema general para la calibración de medidores de flujo con señal de salida digital empleando como referencia un probador bidereccional de desplazamiento positivo.	222
Figura 85. Esquema general para la calibración de medidores de flujo empleando como patrón de referencia un probador compacto de desplazamiento positivo.	223
Figura 86. Esquema general para la calibración de medidores de flujo empleando como patrón de referencia un medidor de flujo.	223

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Temáticas a reforzar en el Laboratorio STAF, Asignatura Mecánica de Fluidos.	9
Tabla 2. Temáticas a reforzar en el laboratorio STAF, Asignatura STAF.	10
Tabla 3. Datos técnicos Analysette 3 Pro	28
Tabla 4. Cronograma de Actividades	45
Tabla 5. Contenido de las Sesiones	46
Tabla 6. Reseña de equipos y pruebas académicas	47
Tabla 7. Ejemplo de datos Adquiridos prueba de Cavitación.	58
Tabla 8. Tipo de turbina más adecuado en función de la velocidad específica	82
Tabla 9. Datos y resultados. Viscosímetro rotativo	112
Tabla 10. Esfuerzos máximos permisibles de diseño (S_d) y de prueba hidrostática (S_t), para los materiales comunes, en la construcción de tanque	148
Tabla 11. Reflectancia efectiva del techo para un valor base de 70%	166
Tabla 12. Requerimientos eléctricos de los equipos del Laboratorio STAF	171
Tabla 13. Cálculo de las cargas por circuito.	172
Tabla 14. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de bombas en serie y paralelo.	174
Tabla 15. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de cavitación.	174
Tabla 16. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de golpe de ariete	175
Tabla 17. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de Turbina Kaplan.	175

Tabla 18. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de Turbina Pelton.	176
Tabla 19. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de Turbina Michell Banky.	176
Tabla 20. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de Turbina Francis.	177
Tabla 21. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de desplazamiento positivo.	177
Tabla 22. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de aire comprimido.	178
Tabla 23. Inventario de los equipos a dar de baja. Equipos y mobiliario en general.	178
Tabla 24. Inventario de los artículos que se reutilizarán en el laboratorio.	179
Tabla 25. Resumen de adecuaciones Físicas y compra de mobiliarios	190
Tabla 26. Inventario de los equipos del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos.	204
Tabla 27. Flujo de Solicitud de servicios.	208

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Planos del Laboratorio.	231
Anexo B. Planos del Banco de Pruebas Fluidodinámicas.	239
Anexo C. Presupuesto.	256

GLOSARIO

Alabes: superficie plana o curva expuesta a un chorro de fluido, el cual le obliga a moverse o girar en torno a un eje para orientar el flujo del fluido o para actuar como impulsor.

Bomba: máquina que absorbe fluido dentro de sí misma a través de un orificio de entrada y agrega energía al fluido a través del impulsor para luego descargarlo a una presión mayor.

Capilaridad: acción por la cual la superficie de un líquido, donde esta en contacto con un sólido, resulta elevada o deprimida debido a la atracción relativa de las moléculas del líquido entre sí y las del sólido.

Fluido Newtoniano: fluido en el cual existe una relación lineal entre la magnitud del esfuerzo cortante aplicado y la rapidez de deformación resultante.

Fluido no Newtoniano: fluido en el cual no existe relación lineal entre la magnitud del esfuerzo aplicado y la rapidez de deformación. Se pueden clasificar como dependientes o no del tiempo.

Hidrómetro: equipo utilizado para medir la densidad relativa de un fluido. Basa su funcionamiento en el principio de flotación; donde a partir de las fuerzas de empuje ejercidas por el fluido sobre un objeto se puede calcular su densidad y leerlo directamente de una escala.

Manómetro: instrumento diseñado para medir presiones, la presión que marca es la diferencia entre la presión absoluta del fluido y la presión atmosférica. Existen de diversas clases: manómetros que trabajan en función de la diferencia de altura de una columna líquida, el manómetro Bourdon o análogo que funciona con un tubo metálico hueco, curvo y plano cerrado en un extremo.

Numero de Reynolds: parámetro adimensional que relaciona las fuerzas inerciales con las fuerzas viscosas de un fluido en movimiento.

Platina de orificio: consta de una placa con un orificio, la cual se instala en la tubería para medir el caudal en líquidos. El orificio hace que la corriente se contraiga y actúe como una especie de venturi, tiene un grado de precisión aceptable y es más económico que el venturi. Es necesario ubicar un manómetro diferencial para captar la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la platina.

Rotámetro: medidor de flujo de área variable que consta de un tubo transparente con sección creciente y un flotador (más pesado que el fluido) que es desplazado hacia arriba por el flujo ascendente de un fluido en el tubo. El tubo está graduado para hacer directamente las medidas de flujo. El flotador tiene marcas que lo hacen rotar y así mantener su posición central en el tubo.

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ADSCRITO A LA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA*

AUTORES:

Cristian Javier Sierra Montaña
Julio Cesar Padilla Rueda.**

PALABRAS CLAVES:

Máquinas Hidráulicas, Laboratorio, Pruebas Académicas, Sistemas, Transporte.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto es dar a la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, el diseño de un Laboratorio, el cual una vez implementado permitirá reforzar los contenidos teóricos de las Asignaturas Mecánica de Fluidos y Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos.

El diseño del laboratorio cubre los contenidos académicos mediante la selección de equipos o bancos de pruebas que permiten la realización de prácticas experimentales. Dichos temas o contenidos corresponden a los planteados en la reforma académica del pensum de Ingeniería Mecánica. Se plantea la metodología académica a través de pruebas experimentales en contenidos básicos, aplicados y finalmente se incluye la aplicación y uso de software como complemento a la formación del estudiante. Se diseña adicionalmente un banco de pruebas para investigación en transporte de fluidos, y se realiza el diseño de las mejoras a la planta física del laboratorio para cumplir con las necesidades de los nuevos equipos.

Como resultado se seleccionó los equipos necesarios, se determinó las adecuaciones físicas, se realizó el manual de procedimientos y las pruebas académicas. Se presenta también la guía para la acreditación del Laboratorio mediante la aplicación de la Norma ISO IEC 17025, como paso inicial para la elaboración del sistema de gestión de la calidad que permita acreditar los ensayos propuestos para la prestación de servicios hacia el año 2010 de acuerdo con lo planteado en la Visión del Laboratorio.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing Nestor D'croz.

SUMMARY

TITLE: DESIGN OF THE FLUID TRANSPORT AND EMPLOYMENT SYSTEMS LABORATORY FROM UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER ASCRIBED TO THE MECHANIC ENGINEERING SCHOOL*.

AUTHORS:

Cristian Javier Sierra Montaña
Julio César Padilla Rueda**

KEYWORDS:

Hydraulic machines, laboratory, academic proofs, systems, transportation.

DESCRIPTION:

The aim of this project is to offer the mechanic engineering school at Universidad Industrial de Santander a laboratory design, which once implemented will allow the theoretical contents reinforcement from two specific subjects: "Mecánica de Fluidos" and "Sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos"

The laboratory design covers those academic contents through the equipment selection or proof banks that allow experimental practice use. Those contents are the ones set on the academic reform made within the mechanic engineering pensum. The academic methodology is based on experimental proofs in basic, applied contents and finally the software use and application is included as a complement to the student's training. Additionally, a proof bank will be designed for research on transportation and fluids, as well as the design for lab room enhancement to fulfill the new equipment needs.

As a result, the necessary equipment was selected, the changes required in the laboratory room were determined and an academic proofs procedure manual was created. It is also presented the certification by means of law ISO IEC 17025 as a step to begin with the quality management system that allows the certification of the proposals for the services towards 2010 according to what was outlined in the laboratory vision.

* Degree Work

** Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Nestor D'Croz & Eng. Javier Rugeles.

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ingeniería Mecánica, buscando siempre mantener sus altos estándares académicos y motivada además por la reforma académica, la cual forma parte integral del proceso de acreditación, se ha visto en la necesidad de unir el Laboratorio de Maquinas Hidráulicas con el actual Laboratorio de Mecánica de Fluidos, con el objetivo de dar paso a una nueva asignatura llamada Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos. Actualmente la mayoría de los equipos con que se cuenta para implementar el nuevo Laboratorio son obsoletos y las instalaciones físicas requieren adecuaciones generales para cumplir con el objetivo de brindar un espacio cómodo de trabajo.

Por las anteriores razones se decidió llevar a cabo este Proyecto de Grado, el cual tiene como fin la selección de los equipos de Laboratorio que respondan a las necesidades académicas, definición de pruebas y metodologías de trabajo y determinar las adecuaciones a la planta física.

En el Capítulo 1, se identifico: el espacio, las funciones y pruebas académicas que responden a las necesidades de las asignaturas Mecánica de Fluidos y Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos.

En el Capítulo 2, teniendo como referencia lo realizado en el capítulo 1, se describen los bancos que han sido seleccionados para la realización de las experiencias de laboratorio.

En el Capítulo 3, se plantean la misión y visión del Laboratorio, la metodología de trabajo y el contenido por sesión, la reseña total de equipos y pruebas académicas con las que cuenta el laboratorio, el manual de protocolo para los equipos seleccionados y la metodología para la realización de practicas computacionales.

En el Capitulo 4, se describe el diseño completo de un banco de pruebas para transporte de fluidos; denominado, Banco de Pruebas Fluidodinámicas, este banco permite el estudio del transporte de fluidos newtonianos y no-newtonianos. Adicionalmente este banco también permite la realización de pruebas para caracterización de bombas rotativas de desplazamiento positivo.

En el Capítulo 5, se describen las adecuaciones necesarias a la planta física, dividida en las obras civiles y eléctricas, de acuerdo con la distribución en planta de los equipos. Se numera el mobiliario y equipos para dar de baja, y se describe el mobiliario que debe adquirirse.

Finalmente en el Capítulo 6, se describen los lineamientos generales para la aplicación de la Norma ISO IEC 17025, que es la Norma para la Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración. En este mismo capítulo se dan una serie de recomendaciones para la prestación de servicios por parte del Laboratorio y se describen los principales parámetros para el diseño de un banco de calibración de medidores de flujo.

Como Anexo a este documento se entregan los planos con la distribución en planta del Laboratorio, los planos con las adecuaciones eléctricas, civiles y sanitarias, los planos para la construcción del Banco de Pruebas Fluido

dinámicas, el Presupuesto General para la Implementación del Laboratorio, el Manual de Protocolo, y los catálogos relacionados al banco de pruebas fluidodinámicas.

1. DISEÑO DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS

A través de este proyecto se plantea a la Escuela de Ingeniería Mecánica el diseño del laboratorio de Sistemas de Transporte y aprovechamiento de Fluidos, el cual permitirá a dar cobertura, a través de la experiencia práctica, a los contenidos de las asignaturas Mecánica de Fluidos y Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, para que junto con ellas, desarrollen en el estudiante capacidades para la formulación de problemas, espíritu de investigación y generen conciencia de desarrollo sostenible.

El diseño establece las características de la planta física, bancos de pruebas, equipos y herramientas, procedimientos para la realización de las prácticas, manual de protocolo, programa académico semestral, presupuesto para su puesta en marcha y recomendaciones para la prestación de servicios a través del laboratorio.

1.1 DESCRIPCION DEL ESPACIO FÍSICO DISPONIBLE PARA EL NUEVO LABORATORIO.

Para el diseño del Laboratorio se cuenta con dos salas disponibles, las cuales son actualmente el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y el Laboratorio de Máquinas Hidráulicas. La primera sala cuenta con un área de $(7,5 \times 9,36)$ m² y 4 metros de altura.

La segunda sala es un aula de dos pisos; la cual cuenta con un área efectiva de 140 m² en el primer piso y con un área disponible de 205 m² en el segundo.

1.2 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

Dentro del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica, el conocimiento del comportamiento de los fluidos y de los diferentes tipos y clases de máquinas es fundamental para mantener actualizados y vigentes todos los conceptos y adelantos tecnológicos relacionados con este campo, no sólo con la información, sino también con la experimentación.

Como resultado de un estudio preliminar, se determinó que la parte experimental requiere de una readecuación y repotenciación del laboratorio de Máquinas Hidráulicas. Este laboratorio, está en obsolescencia, ya que fue instalado en los inicios del programa de ingeniería mecánica y actualmente los sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos están siendo desarrollados bajo el concepto de la ingeniería concurrente y sus procesos son automáticamente controlados.

El diseño del laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, responde a la necesidad de brindar al futuro ingeniero el conocimiento experimental que le permita saber como elegir y aplicar la mejor máquina para una combinación dada de condiciones en la rama de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos; debido a que actualmente para muchos ingenieros este es un tema confuso que dispone de abundante información conceptual y técnica, que a veces es difícil relacionar con un problema específico.

1.3 DETERMINACION DE LAS FUNCIONES DEL LABORATORIO

Teniendo en cuenta que el laboratorio es un espacio que permitirá a los estudiantes complementar los conocimientos adquiridos en el aula de clase, el mismo, ha sido concebido para:

- Permitir a los estudiantes ligar lo teórico con lo práctico en la vía del conocimiento, mediante la realización de pruebas que concedan la observación y evaluación de fenómenos físicos asociados a la mecánica de fluidos y a los sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos, y comprobar experimentalmente las formulaciones teóricas.
- Permitir al los estudiantes un espacio donde puedan proponer y crear nuevas experiencias, dando un aporte a su espíritu de investigación.
- Ser un laboratorio moderno, práctico y con posibilidades de abrir líneas de investigación que permitan aún más complementar la formación del estudiante.
- Relacionar a los estudiantes con herramientas computacionales que le permitan modelar situaciones físicas relacionadas con la mecánica de fluidos y a los sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos.

1.4 DEFINICION DE LAS PRUEBAS A REALIZAR

La identificación de los contenidos a reforzar, a través de pruebas de laboratorio, de las asignaturas Mecánica de Fluidos y Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos se fundamentó en el Objeto de Conocimiento

de la carrera de Ingeniería Mecánica. El cual se define como: *“Desarrollo, aplicación y mantenimiento de sistemas mecánicos con dispositivos mecatrónicos para transformación de energía y manufactura de productos, con el propósito de mejorar la calidad de vida”*.

Este Objeto de Conocimiento es la base fundamental para definir la estructura conceptual del saber en Ingeniería Mecánica, esta estructura se subdivide en dos ramas; la rama de la Energía y la rama de la Manufactura. Estos a su vez se subdividen en los campos de desempeño, en los cuales tiene acción el Objeto de Conocimiento.

Para nuestro caso, el campo de acción del Objeto de Conocimiento es el área de Aprovechamiento y Transporte de Fluidos. El marco conceptual, equipos de prueba y metodologías del laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, cubre los conceptos enmarcados dentro de las siguientes actividades profesionales: Investigar, Proyectar, Diseñar y Construir. Dichos conceptos se encuentran agrupados de la siguiente manera:

- ✓ Investigar: Aplicaciones CFD, Metrología de flujos, Caracterización Reológica de fluidos.
- ✓ Proyectar: Sistemas de ventilación, Sistemas de bombeo, Distribución de aire, Redes de tubería.
- ✓ Diseñar: Trazado y dimensionamiento de: ductos, tuberías, elementos de distribución, Accesorios, controles, selección de máquinas impulsoras, Rotodinámicas, de desplazamiento positivo.
- ✓ Construir: Ductos, Tuberías, Bases, Anclajes y Accesorios.

Finalmente se identifican las temáticas, de las asignaturas Mecánica de Fluidos y Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, relacionadas con los conceptos mencionados anteriormente, que serán reforzadas en el laboratorio.

Las siguientes tablas muestran las temáticas a reforzar en el laboratorio.

Tabla 1. Temáticas a reforzar en el Laboratorio STAF, Asignatura Mecánica de Fluidos.

<i>MECANICA DE FLUIDOS</i>
<i>Conceptos Fundamentales</i>
Naturaleza y propiedades de los fluidos: 1.) densidad, peso específico y gravedad específica, 2.) Viscosidad dinámica y cinemática, fluido newtoniano y no newtoniano, 3.) Tensión superficial y capilaridad.
<i>Estática de fluidos.</i>
1.) Ecuación básica de la estática de fluidos y variación de la presión en un fluido estático, 2.) Barómetro, manómetro de tubo en U y manómetro de Bourdon. 3.) Fuerzas sobre superficies sumergidas, superficies planas, 4.) Flotación y Estabilidad.
<i>Cinemática de fluidos</i>
1.) Flujo unidimensional y bidimensional estable, 2.) Flujo compresible e incompresible, 3.) Flujo laminar y turbulento interno y externo, trayectorias y líneas de corriente
<i>Dinámica de fluidos</i>
1.) Ecuación de Bernoulli, 2.) Medición del flujo: tubo Venturi, tubo de Pitot, orificios, canales abiertos y otros flujómetros, 3.) Coeficientes de contracción, velocidad y descarga. 4.) Ecuación de impulso y momentum, fuerzas sobre álabes fijos, 5) Fuerzas sobre álabes que rotan a velocidad constante.
<i>Pérdidas de carga en tuberías</i>
1.) Cálculo de pérdidas: pérdidas mayores, pérdidas menores, ductos circulares, tuberías con bombas y turbinas, tuberías en serie y en paralelo.

Tabla 2. Temáticas a reforzar en el laboratorio STAF, Asignatura STAF.

<i>SISTEMAS DE TRANSPORTE Y APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS (STAF)</i>
<i>Caracterización de los fluidos</i>
1.) Propiedades de transporte: Tamaño de partícula y viscosidad.
<i>Instalaciones Hidráulicas con bombas rotodinámicas</i>
1.) bombas centrifugas, desempeño de las bombas centrifugas en serie y paralelo. 2.) Válvulas y accesorios. 3.) Identificación y clasificación de las tuberías. 4.) Cavitación y golpe de ariete.
<i>Instalaciones Hidráulicas con Bombas de Desplazamiento Positivo</i>
1.) Desempeño de bombas de tornillo, de engranajes internos y de émbolo. Transporte de fluidos.
<i>Producción y distribución de aire comprimido</i>
1.) Generación de aire comprimido en una y dos etapas, con o sin interenfriamiento, 2.) Almacenamiento de aire, 3.) Caída de presión en las líneas de aire comprimido.
<i>Transporte de gas natural</i>
1.) Impacto de los parámetros de la tubería y del gas en la eficiencia del flujo, 2.) Cálculo de la caída de presión en la línea en serie y paralelo.
<i>Centrales Hidroeléctricas</i>
1.) Clasificación de las turbinas hidráulicas, 2.) Principios de operación de las turbinas: Francis, Kaplan y Pelton.

Las pruebas de laboratorio se dividieron en tres secciones principales:

1. Pruebas Básicas: Que están enfocadas al fortalecimiento de los conceptos básicos de la Mecánica de Fluidos.

2. Pruebas de Aplicación: Que están enfocadas al estudio del principio de operación de las máquinas de transporte de fluidos, analizar sistemas de tubería para el transporte de fluidos compresibles e incompresibles en estado

permanente y la formación de criterios de selección y utilización de dispositivos empleados en el transporte y aprovechamiento de fluidos.

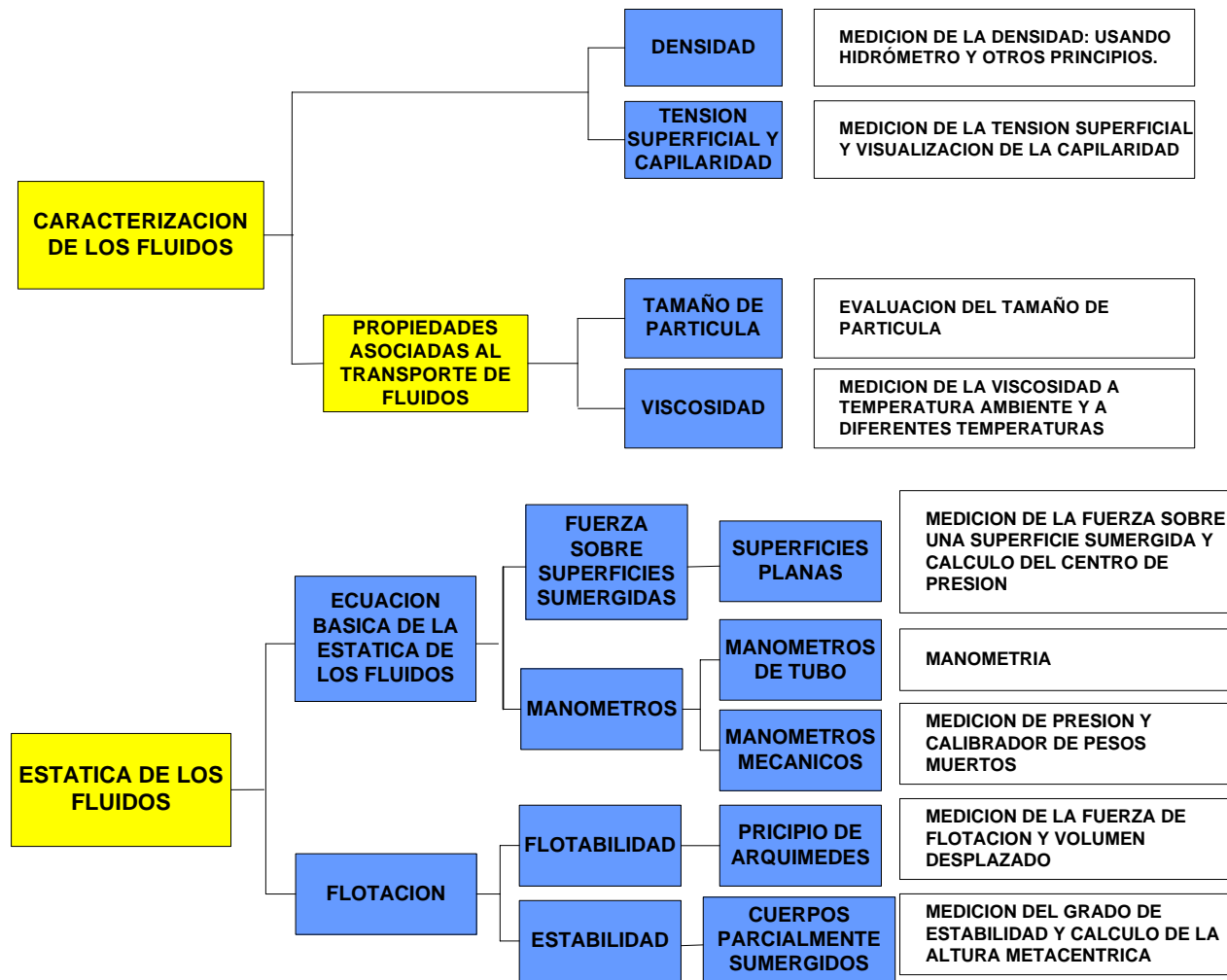
3. Laboratorio Computacional: enfocados a complementar el entrenamiento del estudiante con el manejo de herramientas computacionales que permitan contrastar los resultados de la simulación de fenómenos por computador con los resultados de las experiencias realizadas en el laboratorio.

Con respecto al componente básico, actualmente esta contenido dentro de las funciones del laboratorio de Mecánica de Fluidos, este laboratorio está dotado con equipos útiles para el desarrollo de pruebas, por esta razón, se procedió a la integración del mismo al Plan Académico del nuevo laboratorio, siguiendo la siguiente metodología:

- ✓ Evaluando el estado actual de los equipos.
- ✓ Identificando las pruebas que se pueden realizar.
- ✓ Integrando al plan académico del nuevo laboratorio.

En las figuras 2 y 3 se aprecian los temas que se relacionan con las pruebas de laboratorio.

Figura 2. Pruebas básicas



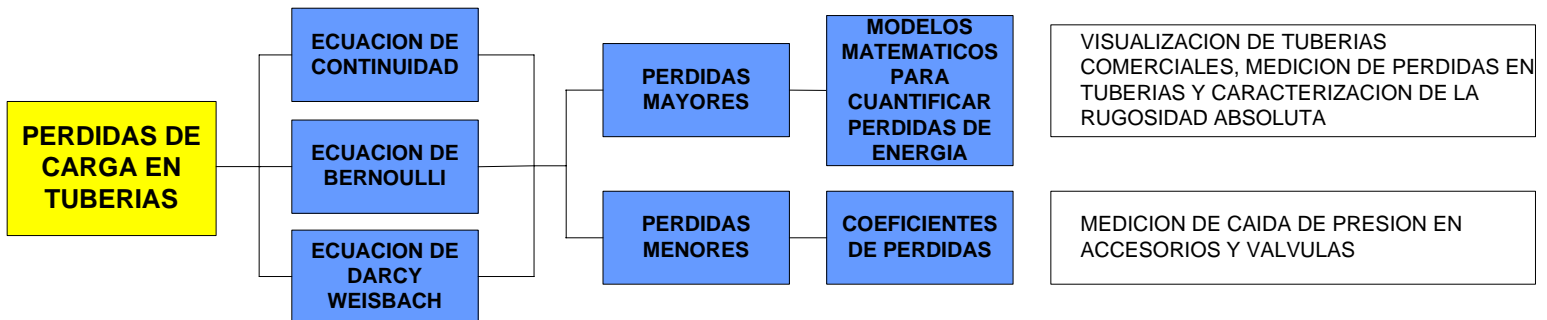
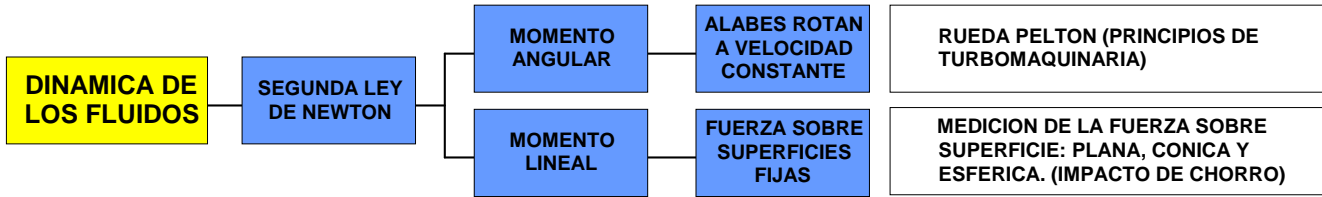
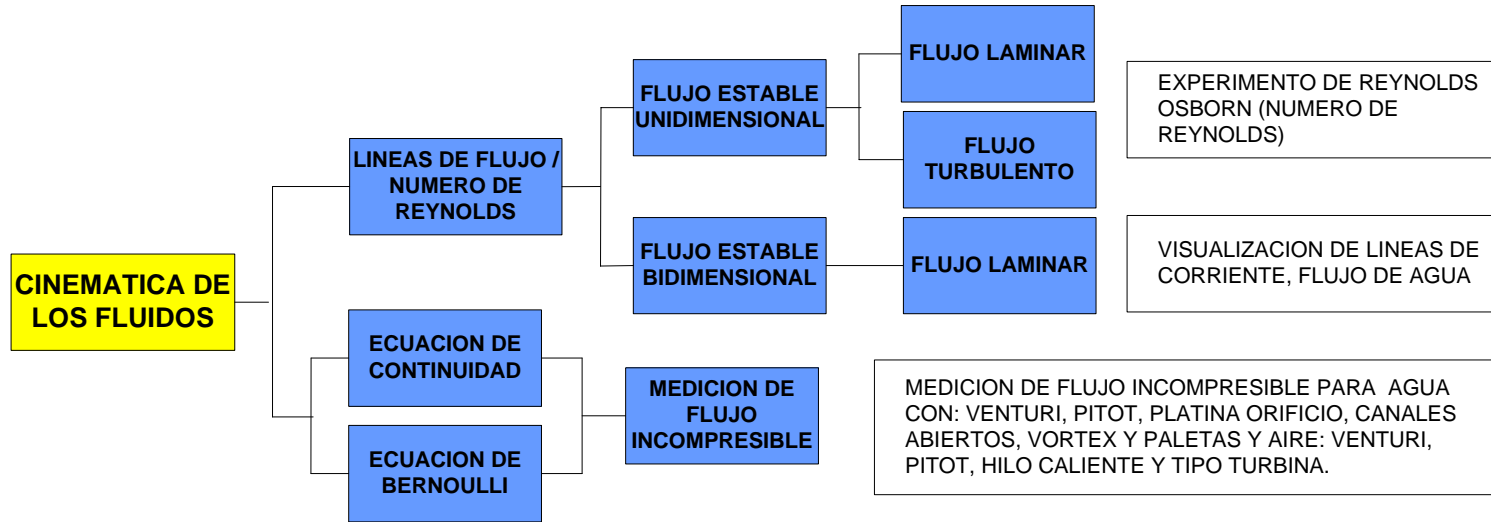
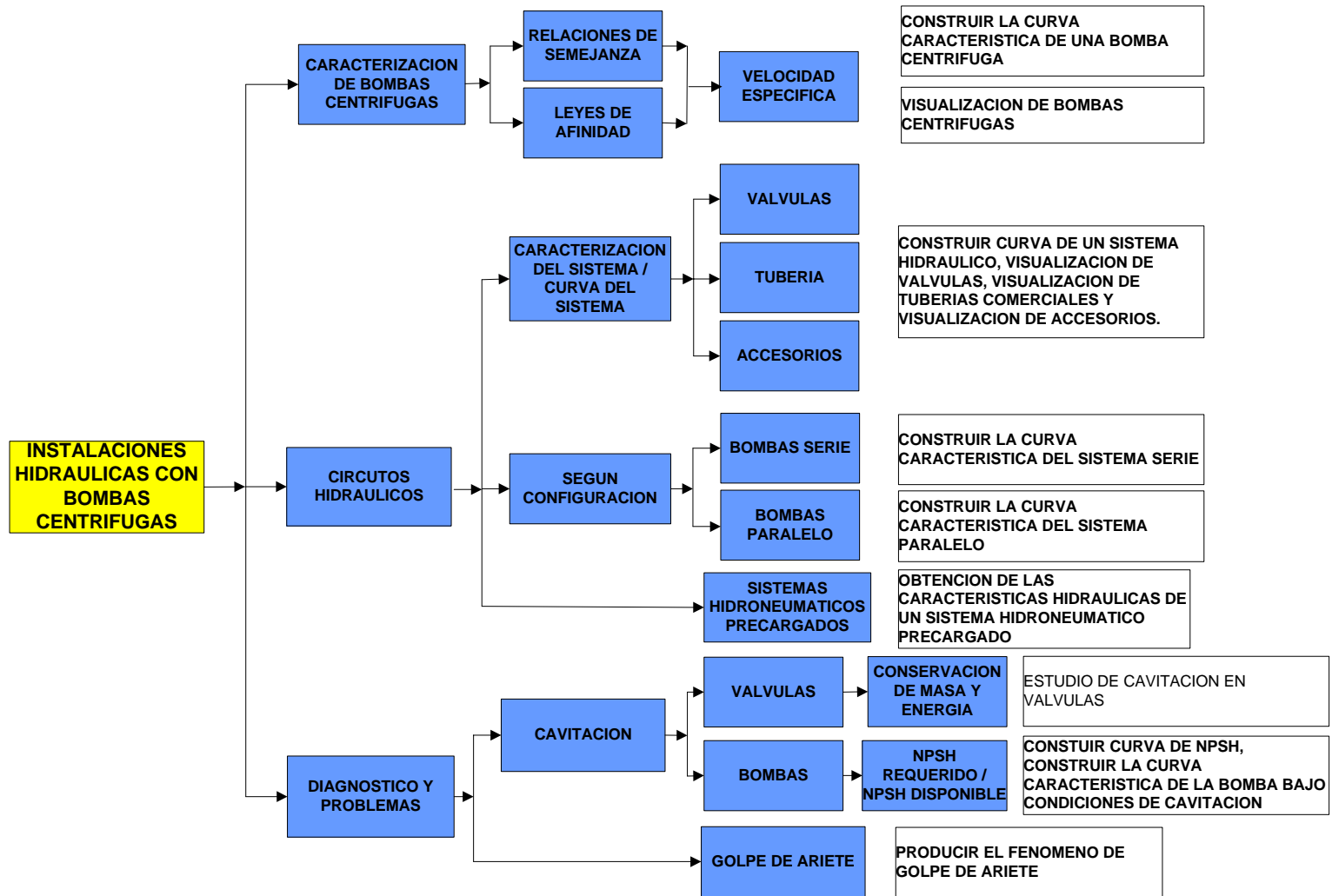
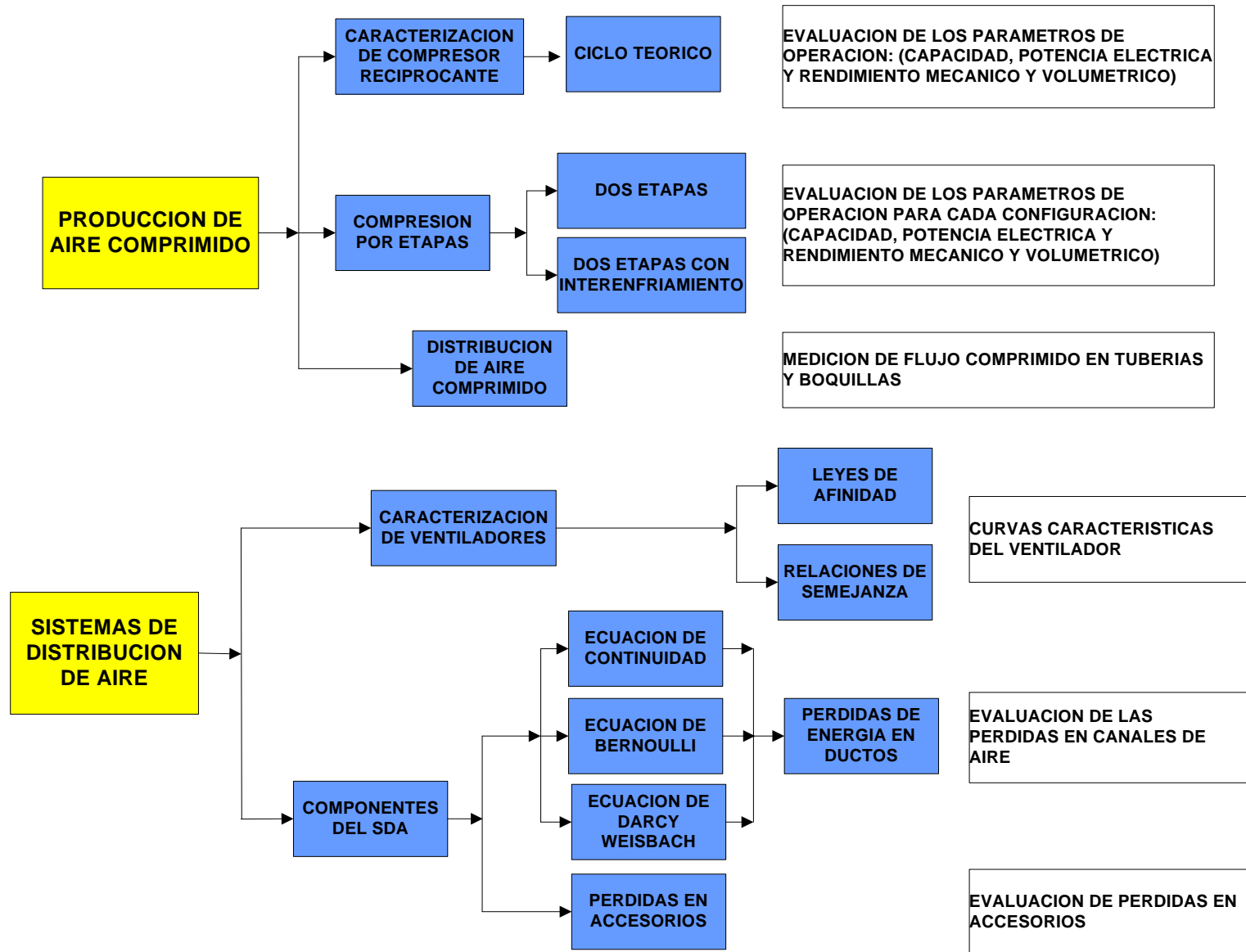
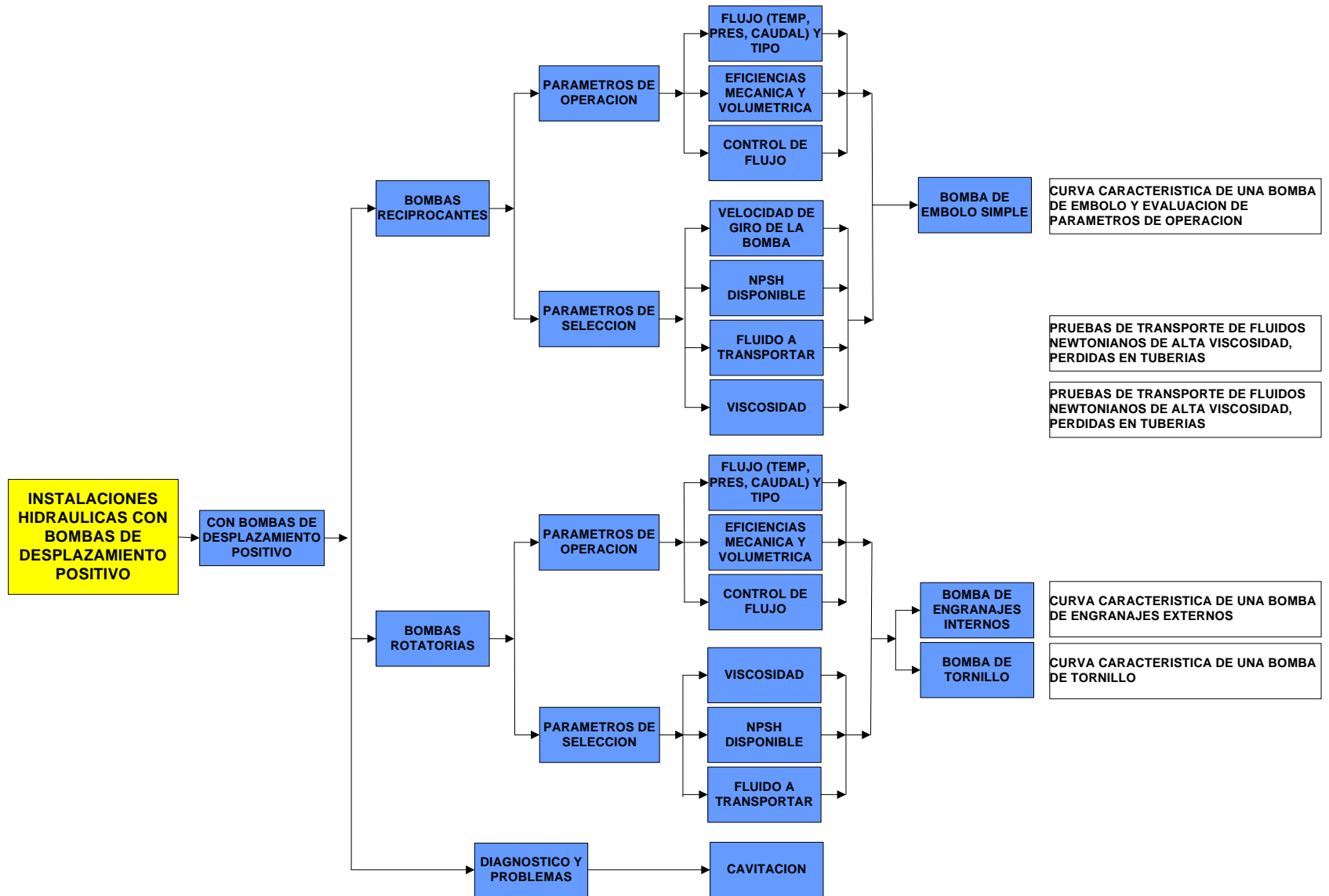
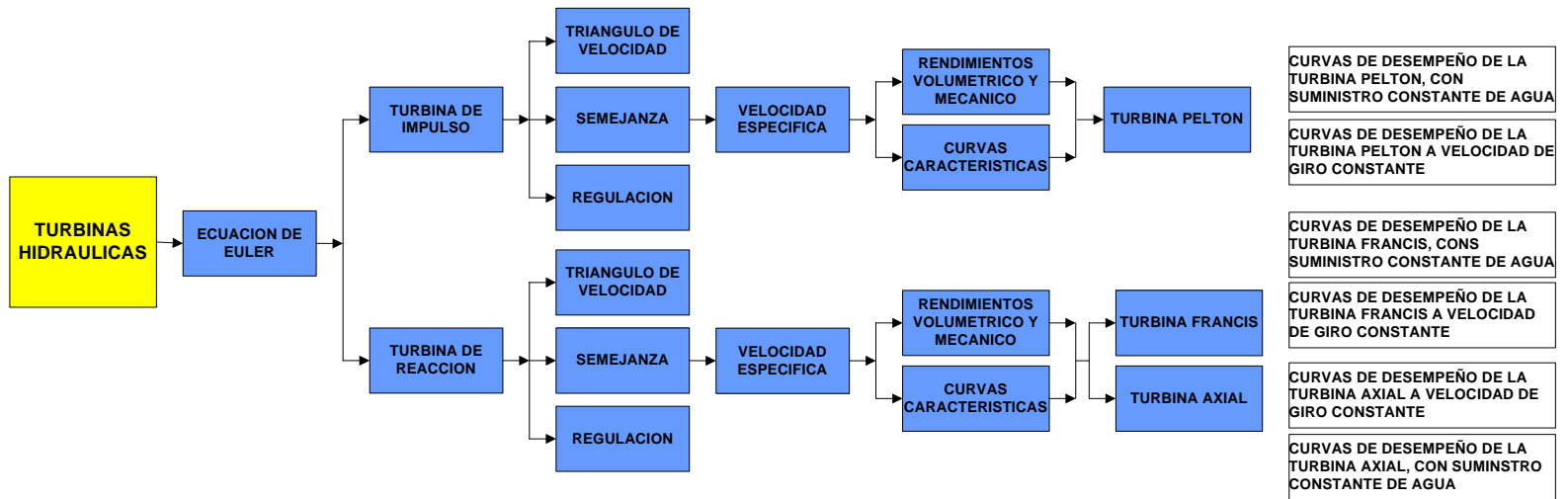


Figura 3. Pruebas de aplicación.









2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS QUE CONFORMARÁN EL LABORATORIO

Para la implementación del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, la Escuela de Ingeniería Mecánica cuenta con una serie de equipos disponibles provenientes de los laboratorios de Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. El laboratorio de Mecánica de fluidos cuenta con equipos en muy buen estado. Por otra parte, el laboratorio de Máquinas Hidráulicas cuenta con una serie de equipos demasiado antiguos, inoperantes y en malas condiciones mecánicas. A esto se suma que es un Laboratorio a escala real; lo que dificulta el mantenimiento, operación y realización de prácticas. Debido a esto se realizó la selección de nuevos equipos con el objetivo de disponer de un laboratorio moderno y práctico, ya que finalmente el objetivo principal es la demostración de conceptos fundamentales y no la representación a gran escala.

Para la adquisición de equipos se tuvo en cuenta las propuestas realizadas por una serie de fabricantes alrededor del mundo, los cuales se listan en el siguiente apartado.

2.1 PRINCIPALES FABRICANTES DE EQUIPOS DIDÁCTICOS PARA LABORATORIO

Armfield Ltd.

Bridge House, West Street

Ringwood, BH24 1DY, Inglaterra

Teléfono: +44 (0) 1425 478781

Fax: +44 (0) 1425 470916
E-mail: sales@armfield.co.uk
Web site: www.armfield.co.uk

Representante en Colombia:

Impointer Ltda

Tel: 6 336 6350
Fax: 6 336 0916
e-mail: impointer@impointer.com

Pereira

TQ Education and Training Ltd.

Bonsall Street, Long Eaton

Nottingham, NG10 2AN

Tel: (44) 115 972 2611
Fax: (44) 115 973 1520
email: info@tq.com

Web site: www.tq.com

Representante en Colombia

Arotec Colombiana S.A.

Dirección: **Cra. 16 No. 35-56**
PBX: **(571) 288 7799**
FAX: **285 3604**
E-mail: arotec@arotec.net
Bogotá

Turbine Technologies Ltd

Dirección: 410 Phillip Street
P.O. Box 105
Chetek, WI 54728
U.S.A.

Teléfono: (715) 924-4876

Fax: (715) 924-2436

Web Site: www.turbine technologies.com

Contacto:

Perry Kuznar P.E.

perry@turbine technologies.com

(715) 924-4876 Ext. 111

Cussons Technology Ltd.

Teléfono: (Reino unido) +44 (0)161 833 0036

Fax: (Reino unido) +44 (0)161 834 4688

Email: sales@cussons.co.uk

Web Site: www.cussons.co.uk

Representante en Colombia

Impointer Ltda

Tel: 6 336 6350

Fax: 6 336 0916

e-mail: impointer@impointer.com

Pereira

Plint & Partners LTD

Dirección: Old Station Business Park, Compton, Newbury, Berkshire RG20
6NB, England

Teléfono: +44 (0) 1635 577100

Fax: +44 (0) 1635 577177

E-mail: sales@plint.com.uk

Web Site: www.plint.co.uk

Las anteriores son las empresas que ofrecían los productos más completos del mercado en los temas requeridos. Las empresas Armfield y TQ poseen representantes en Colombia.

Dentro de los criterios que se tuvieron en cuenta para la selección de los equipos se tiene:

- ✓ Los equipos de Laboratorio a seleccionar deberían cumplir con las pruebas que se establecen en las Figuras 2 y 3, como requisito mínimo.
- ✓ Se buscó que los equipos seleccionados tengan representación en el país
- ✓ Se tuvo en cuenta que el equipo contara con sistema para la adquisición de datos y software de cálculo que facilitara comprobar los resultados teóricos con los experimentales.
- ✓ Confiabilidad y marca reconocida
- ✓ Costo

Los equipos e instrumentos de medición seleccionados son los que cubren las siguientes temáticas:

- ✓ Propiedades: Tamaño de partícula, viscosidad.
- ✓ Caracterización de Bombas Centrífugas.

- ✓ Golpe de ariete en instalaciones hidráulicas.
- ✓ Producción y distribución de aire comprimido.
- ✓ Bombas Reciprocantes.
- ✓ Turbinas hidráulicas.
- ✓ Caracterización de ventiladores

De acuerdo a lo anterior, a continuación se presentan los equipos seleccionados.

Sólo se hará la presentación de las características técnicas de los equipos, ya que las capacidades experimentales se presentarán en el capítulo 4 en la reseña de bancos y pruebas realizables.

2.2 EQUIPOS DE LABORATORIO SELECCIONADOS

2.2.1 Viscosímetro Rotativo

Figura 4. Viscosímetro Brookfield



Viscosímetro marca Brookfield modelo HADV-II+PRO. Diseñado para aplicación en control de calidad.

Características: equipo de lectura digital, proporciona valores de: % torque, viscosidad en cP ó mPa°s, auto-cero, auto-rango, advertencia de condición de bajo ó sobre el rango de medición, número de aguja y velocidad. Exactitud de $\pm 1\%$ del rango y repetitibilidad de $\pm 0,2\%$.

Equipado con 6 agujas medidoras (2-7) que proporcionan 54 velocidades seleccionables entre 0.01-200 rpm, dando variabilidad en la relación de cizalla capacitándolo para estudios precisos de REOLOGIA. Medida de viscosidad en un rango de 100-80.000.000 cP. Equipado con salida a terminal de impresora y terminal de puerto RS-232 a computadora, equipado con comunicación al PC de forma bidireccional permitiendo ser usado con el software de aplicación WINGATHER. Ó RHEOCALC. Compatibilidad con todos los accesorios Brookfield. Ofrece la misma plataforma de interfase como el DV-II+ Programable, mismo método de operación cuando es usado con el software Wingather para captura de datos y análisis. Para uso en 110 v, 60 Hz, corriente monofásica.

Software Rheocalc. Controla el viscosímetro y automáticamente toma y visualiza los datos en la pantalla o impresora. La visualización y graficado incluye opciones de ensayos de:

- ✓ *% de torque Vs rpm, relación de cizalla, tiempo y temperatura*
- ✓ *Tensión de cizalla Vs rpm, relación de cizalla, tiempo y temperatura.*
- ✓ *Viscosidad Vs rpm, relación de cizalla, tiempo y temperatura*

Controla el viscosímetro desde cualquier computador (mínimo procesador 486, memoria 4 MB RAM, color, puerto en serie y paralelo y disco duro).

El Software permite manejar el Baño Termostatado modelo TC-202P.

Calculo automático de Casson Yield value, Brookfield "Thix Index" y Power Law Index. Graba hasta 1.000 datos por ensayo y puede graficar hasta 6 grupos de datos simultáneamente.

Adaptador (ssa) para pequeñas muestras, El equipo incluye cámara cilíndrica 13RP-Y con sensor de temperatura RTD, capacidad de volumen de 2 a 16 ml y aguja SC4-a elegir de acuerdo a relación agua/viscosidad, para uso con viscosímetro.

Diseñado como alternativa para cuando se tiene cantidades limitadas de muestra, su geometría cilíndrica suministra datos de rata de corte (shear rates) y esfuerzo de corte (shear stress).

Figura 5. Adaptador para pequeñas muestras



Baño Termostataado. Permite el estudio de la variación de la viscosidad con la temperatura a través de un control exacto de ésta. Permite la programación de tiempo y temperatura con adquisición de datos y control desde el computador.

Figura 6. Baño termostataado



Permite calentamiento y enfriamiento con indicador digital de temperatura, para ser utilizado con Viscosímetro Brookfield. Útil para detectar cambios en las propiedades reológicas de las muestras de producto y predecir su comportamiento. Las diferentes temperaturas de ensayo se pueden programar a intervalos de tiempo definido, realizando el escalonamiento automáticamente.

Configurado para la medida en muestras múltiples directamente en el baño el área de trabajo puede acomodar un beacker de 600 ml y un beaker de 1.000 ml ó puede removerse la cubierta para acomodar recipientes mayores. Construido con bomba externa recirculante de fluido.

Detalles Técnicos:

- Ajuste de temperatura individual
- Rango de temperatura: ambiente -20 °C + 150 °C,
- Estabilidad de temperatura: +/- 0,05 °C
- Watts calentamiento: 1.000
- Volumen de litros: 10
- Voltaje 120, 50-60 ciclos corriente monofásica

2.2.2 Calibrador de presión

Figura 7. Calibrador de presión KELLER



Este calibrador marca KELLER es un calibrador de presión hidráulico de alta precisión, posee una exactitud de 0.05% y una repetibilidad de 0.005%. Permite realizar calibraciones en aplicaciones de control crítica reduciendo la incertidumbre y el tiempo medio entre calibraciones. Posee certificado de calibración. Dentro de sus beneficios se encuentra la facilidad de trasladarlo al lugar requerido y la facilidad para operar en ambientes peligrosos.

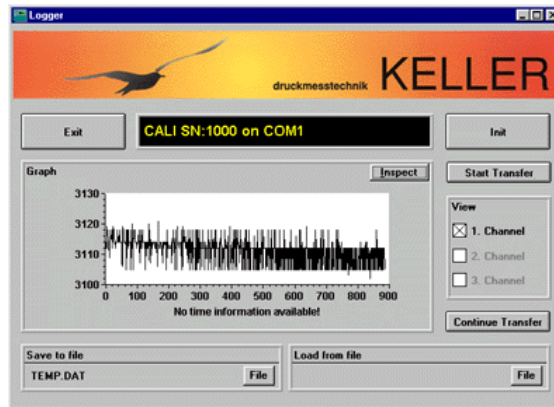
Este calibrador se convierte en una herramienta muy importante para la prestación de servicios y para la academia en el laboratorio de sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos, ya que permite la calibración de transmisores de presión, interruptores de presión y de manómetros. Además permite grabar los datos de la prueba y ser exportados al software de adquisición de datos para facilitar la expedición de certificados.

Rango: 0 - 700 bar

Intervalo de medición: 0.5 segundos

Aceite hidráulico: Tipo HLP 22 BP

Figura 8. Vista general software de adquisición de datos



2.2.3 Tamiz vibratorio con microprocesador

Figura 9. Tamiz Analysette 3 - PRO



La línea Analysette de Fritsch de instrumentos de medición de tamaño de partículas permite el análisis de una amplia gama de muestras húmedas o secas. Gracias a su tecnología de microprocesador, los Analysettes de Fritsch se pueden integrar en un sistema de administración de calidad. Cumple con

las normas ISO 9001, tienen la etiqueta CE y cuentan con una garantía de 2 años.

Este equipo cobra importancia en la prestación de servicios de caracterización de fluidos para la industria en general, ya que del tamaño de partícula depende la abrasividad de un fluido y de ésta la selección de las unidades de bombeo.

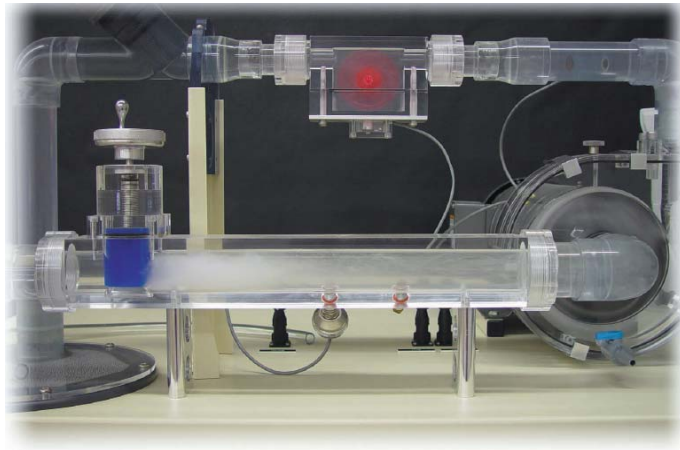
El equipo es un tamiz vibratorio para tamices analíticos de 8" o 200 mm de diámetro, tamizado húmedo o seco, con un intervalo de 20 μ m a 25 mm. Controlado por microprocesador.

Tabla 3. Datos técnicos Analysette 3 Pro

Datos técnicos	De 20 μ m (malla 635) a 25 mm (1")
Intervalo de medición	
Cantidad máxima de la muestra	De 10 gr a 5 kg dependiendo del tamaño de la malla del tamiz
Tiempo de análisis	De 10 a 30 min. para tamizado seco De 5 a 15 min. para tamizado húmedo
Número de tamices	8 tamices estándar ASTM
Accesorios para tamizado seco	Cabezal y recipiente de Plexiglás para tamizado
Accesorios para tamizado húmedo	Cabezal para tamizado con 3 boquillas, anillo de tamizado con 3 boquillas y recipiente con salida
Opciones	Software AUTOSIEVE para Windows para el cálculo automático de las curvas y estadísticas de tamizado; los resultados se archivan
Otras posibilidades	Convertible a Micro tamiz vibratorio Control: Amplitud de vibración controlada por microprocesador Guarda hasta 9 programas de tamizado Se calibra para normas ISO 9000

2.2.4 Equipo para la caracterización de bombas centrífugas

Figura 10. Equipo Pump Lab



Características técnicas:

Nombre del equipo:	Pump Lab
Fabricante:	Turbine Technologies
Dimensiones:	71 x 48 x 29 pulgadas (180 x 122 x 74 cm)
Peso:	455 lbs (206 kg)

Instrumentación:

Digital:

Sistema de Adquisición de datos de alta velocidad

Software de adquisición de datos con salida de datos configurable

Computador con Windows XP para visualización de datos en pantalla

Cable *DigiDAQ*TM USB para conexión al computador

20 Entradas análogas ~ 16 Digitales IN/OUT ~ 4 Frequency/Pulse IN

Sensores (Preinstalados y calibrados):

- Presión en la succión de la bomba
- Presión en la descarga de la bomba
- Medidor de la rata de flujo
- Medidor de Torque
- Medidor de RPM

Accesorios operacionales suministrados

Tres impulsores

Impulsor de alabes rectos ~ Succion 90° - Descarga 90°

Impulsor de alabes curvados hacia adelante ~ Succion 90° - Descarga 115°

Impulsor de alabes curvados hacia atrás ~ Succión 60° - Descarga 20°

Diámetro del impulsor, Externo 6.500" (16.51 cm) Interno 2.225" (5.65 cm)

Estroboscopio ~ Ajustable de 0 a 3000 fps

Herramienta para cambio de impulsor

Condiciones de operación/ Limitaciones

Bomba principal y Tanque de suministro

40 GPM (151 lpm)

Máxima cabeza: 40 ft (12 m.c.a)

Capacidad del tanque: 20 Galones (76 ltrs)

Motor de la bomba principal

Máxima velocidad : 1725 RPM

Potencia: 3.0 HP (2.2 kW)

Corriente: 8.2 Amps

Frame Style JM

Bomba Auxiliar

Máxima rata de flujo: 5 GPM (19 lpm)

Requerimientos de operación

220V monofásico 60Hz

2.2.5 Equipo para el estudio del golpe de ariete en instalaciones hidráulicas.

Figura 11. Equipo de golpe de ariete



Características Técnicas:

Nombre del equipo: Pipe Surge and water Hammer

Fabricante: Armfield

Dimensiones: 250mm X 750mm X 1700mm

Peso: 400 Kg

Instrumentación: dos transductores de presión conectados en la tubería para estudio de golpe de ariete, con salida al osciloscopio.

Accesorios operacionales suministrados

Tubería para estudio de ondas de presión, de 3 m de largo y diámetro nominal de 22 mm

Tubería para el estudio del golpe de ariete, de 3 m de largo y diámetro nominal de 22 mm.

Tanque alto

Columna acrílica para observación y medición de la variación de las ondas de presión.

Accesorios operacionales suministrados por separado

Osciloscopio: 40 Mhz, almacenamiento de trazo dual análogo o digital, interfaz con impresora incluida.

Tanque Volumétrico:

Tanque con capacidad e 160 litros, incluye bomba para recirculación.

Requiere un área de 2,5m X 1,5 m.

Servicio eléctrico de 110/120 V, 60 HZ con conexión a tierra.

Motor 200 W

Incluye software de aprendizaje.

2.2.6 Banco para el estudio de la producción de aire comprimido.

Características técnicas:

Nombre del equipo: Air compressor test set

Fabricante: TQ

Dimensiones: 1.2 x 0.66 x 1.6m

Peso: 440kg.

Figura 12. Banco para producción y estudio de aire comprimido



Instrumentación:

Toda instrumentación esta localizada en el panel mímico delantero e incluye:

Medidor digital de torque y tacómetro para cada etapa.

Voltímetro y amperímetro análogo para cada etapa.

Termómetro digital y el selector multipunto para cada estación de medida.

Los puntos de medida son:

- ✓ Temperatura del aire en la succión.
- ✓ Bulbo húmedo.
- ✓ Una etapa: temperatura de descarga de aire.
- ✓ Intercooler: temperatura de succión.
- ✓ Intercooler: temperatura de descarga.
- ✓ Dos etapas: temperatura de la descarga del aire.

- ✓ Intercooler: temperatura de agua a la entrada.
- ✓ Intercooler temperatura de agua a la salida.
- ✓ Temperatura del aire en el tanque.

Manómetro para la presión diferencial de la succión.

Tres manómetros Bourdon: 1 en la descarga, presión en la succión y la presión del tanque.

Rotámetro para medir el flujo de agua.

Indicadores de presión del cilindro.

Equipos operacionales suministrados:

Primera etapa

2 Cilindros

Diámetro:	70 mm
Carrera:	50 mm
Volumen barrido:	421 l/m @ 1000 rpm
Rango de velocidad del compresor:	200–1000 rpm
Máxima presión de suministro:	10.3 bar
Relación de la correa de transmisión:	3:1
Potencia del motor:	2.4 Kw.
Rango de velocidad del motor:	0–3000rpm
Suministro de aire:	300 litros/min.
Volumen del recipiente de aire:	100 litros

Segunda etapa

Numero de cilindros:	2
Diámetro:	53 mm
Carrera:	50 mm
Volumen barrido:	219 l/m @ 1000 rpm

Rango de velocidad del compresor:	200-1000 rpm
Máxima presión de suministro:	10.3 bar.
Relación de la correa de transmisión:	3:1
Potencia del motor:	2.4 Kw.
Rango de velocidad del motor:	0-3000 rpm
Suministro de aire:	150 litros/min.

Equipos operacionales suministrados por separado

Indicadores Maihak, para la realización de los diagramas p-v.

Requerimientos de operación

Suministro eléctrico monofásico de 240 V / 60 HZ.

Máxima potencia de funcionamiento: 5 KW

Suministro de agua 3 litros por minuto.

2.2.7 Equipo para el estudio de bombas recíprocantes

Figura 13. Equipo para el estudio de Bombas Recíprocantes



Características técnicas:

Nombre del equipo: Plunger Pump Demonstration Unit
Fabricante: Armfield
Dimensiones: 850 X 450 X 750 mm.
Peso: 60 Kg.

Instrumentación

Recipiente con level time-switches para medir el flujo.

Los sensores monitorean: Presión de descarga, Posición del embolo y nivel de líquido en el recipiente de medición (medición de flujo volumétrico).

Equipos operacionales suministrados:

Recipiente amortiguador de pulsaciones (puede ser aislado).

Válvula reguladora de presión.

Bomba: 60/72 carreras/minuto, a 50/60 Hz.

Cilindrada: 34.9mm diámetro x 12.7mm carrera, flujo teórico: 0.729 litros/min. (50Hz) 0.875 litros/min. (60Hz).

Software para adquisición de datos

Equipos operacionales suministrados separadamente

Dispositivo de interfase IFD6

2.2.8 Equipos para el estudio de Turbinas Francis y Pelton

Características técnicas:

Nombre del equipo: Twin water Turbine Module
Fabricante: TQ

Dimensiones: 2,5 m X 3 m X 1,2 m

Peso: 590 kg.

Figura 14. Equipo para el estudio de Turbinas Francis y Pelton



Instrumentación

Transductores de presión en la succión y descarga de cada Turbina.

Medidor de flujo.

Medidor de Torque como instrumento auxiliar.

Vareador de velocidad

Equipos operacionales suministrados

Turbina Francis con alabes guía ajustables para regulación.

Turbina Pelton con boquilla de área variable.

Bomba de recirculación (Velocidad variable)

Estructura y Tanque de almacenamiento

Equipos operacionales suministrados separadamente

Dinamómetro y Controlador TQ.

2.2.9 Equipo Master 2000: Dinamómetro y controlador para unidad de Turbinas

Figura 15. Dinamómetro y Controlador para unidad de Turbinas



Características técnicas: el equipo consiste de un módulo con Dinamómetro Regenerativo, interfase serial y software para adquisición de datos.

Display digital de torque, RPM y Temperatura.

La aplicación del Software permite la adquisición de datos de torque y RPM en tiempo real hacia una hoja de datos.

Servicios Requeridos

Servicio eléctrico, 3 Kw. Monofásico con conexión a tierra.

Computador.

2.2.10 Equipo para el estudio de Turbina Axial

Figura 16. Equipo para el estudio de Turbina Axial.



Características Técnicas

Nombre del equipo:	Propeller Turbine Demonstration Unit
Fabricante:	Armfield
Dimensiones:	1070mm X 850mm X 700mm
Peso:	160 kg

Instrumentación

Platina orificio usada para la medida del flujo.

Sensor para medir la presión a través de la platina orificio (para medir el flujo).

Sensor para medir la caída de presión a través de la turbina.

Sensor para medir la velocidad de la turbina.

Sensor para medir la tensión de la correa del tambor de freno.

Equipos operacionales suministrados:

Tanque, una bomba de recirculación y la tubería.

La turbina consiste de un rotor de bronce de 50mm diámetro y un estator teniendo el mismo perfil del rotor con ángulos de la entrada y de salida, nominales, de 90 grados y 30 grados respectivamente. El rotor es montado sobre un eje de acero inoxidable. El rodamiento de la entrada es lubricado con agua mientras que el de la salida es sellado. La carcasa de la turbina es fabricada en PVC con una sección transparente alrededor del estator.

La bomba centrífuga de servicio tiene una cabeza de 14.3 m a un flujo de 4.4 litros/s.

Equipos operacionales suministrados separadamente. Dispositivo de interfase IFD6 *Servicios Requeridos.* 120V monofásico, 60 HZ.

2.2.11 Equipo para caracterización de ventiladores

Figura 17. Banco de caracterización de ventiladores



Nombre del equipo: Centrifugal fan test set
Fabricante: TQ
Dimensiones: 1000mm X 850mm

Instrumentación: el equipo cuenta con un dinamómetro, tres impulsores intercambiables, con ángulos de descarga de 90°, menor de 90° y mayor de 90°. El flujo de descarga se regula a través de una válvula y la succión es a través de una boquilla estándar y linealizador. Cuenta con manómetro de tres columnas de agua ubicados en la succión de la boquilla, succión del ventilador y en la descarga. Incluye un sensor de proximidad e indicador digital para medir la velocidad de rotación del motor.

Especificación técnica

Entrega del ventilador: 0.24 m³/s a 125 mm de agua

Motor: 0.75 kw d.c.

Control del Motor: Thyristor drive

Servicios

Potencia: 1Kw monofásico

3. MANUAL DE PROTOCOLO

3.1 INTRODUCCIÓN

El manual del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos es una guía cuyo fin es proveer una orientación adecuada a profesores, auxiliares y estudiantes para el manejo de los equipos, realización de prácticas y elaboración de informes y resultados.

También pretende ser una herramienta que permita optimizar el tiempo de trabajo en el Aula de Laboratorio; facilitándoles a los estudiantes la información necesaria antes de cada práctica, de manera que él pueda dedicarse exclusivamente a la realización de la experiencia.

Desde este punto de vista el Auxiliar será un guía que acompañara el desarrollo de las diferentes experiencias, atento siempre a resolver cualquier duda y a velar por el adecuado manejo de los equipos. Es extremadamente necesario e importante que se aproveche al máximo el tiempo del laboratorio; debido a la cantidad de temas por cubrir y al escaso tiempo disponible. Por esa razón el Auxiliar no tomará tiempo del Laboratorio para dar la Teoría asociada a la práctica; para ello el estudiante la conoce con anticipación.

El manual cuenta con la la misión y la visión del Laboratorio, la estructura académica y el cronograma global de actividades.

Luego se especifica por Equipo de Laboratorio las diferentes capacidades experimentales, el marco teórico asociado y los procedimientos para la

realización de las principales pruebas. Junto a esta información también se incluye la información básica de funcionamiento del banco, para que el estudiante se familiarice con ella antes de realizar la experiencia.

3.2 LOGOTIPO DEL LABORATORIO

Figura 18. Logotipo del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos



3.3 MISION

El laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos de la Universidad Industrial de Santander, tendrá como propósito la formación de estudiantes de pregrado a través de la experimentación en las áreas de Mecánica de Fluidos y su aplicación al transporte de fluidos, máquinas hidráulicas y generación de energía hidráulica. Su misión se orienta en los principios de honestidad y trabajo en equipo.

El laboratorio sustenta su trabajo en la capacidad laboral y excelencia académica de su director y auxiliares, y en sus equipos de prueba los cuales garantizan la veracidad de las mediciones allí realizadas.

3.4 VISION

Hacia el año 2010, el Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos de la Universidad Industrial de Santander se convertirá en una institución líder en el ámbito regional, caracterizado por su excelencia y por el aseguramiento de la calidad. Para ello formará estudiantes de alta excelencia académica y creará relaciones con la industria para sostener proyectos de investigación que le permitan estar al tanto de los últimos avances tecnológicos en este campo.

3.5 PLAN ACADEMICO

De acuerdo a la Reforma Académica planteada al Programa de Ingeniería Mecánica, se decidió reformar la Asignatura Turbomáquinas Hidráulicas para dar paso a una asignatura más integral. Es así como nace el programa de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, una concepción más global que no se limita al funcionamiento de las máquinas hidráulicas; sino que se extiende hasta los diferentes sistemas en que ellas interactúan.

Pero la teoría no adquiere su valor real sin la confrontación en la experiencia práctica que valide los cálculos teóricos. De esta forma se plantea el programa curricular del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos. Se decidió que este laboratorio debía nacer de la unión de los antiguos laboratorios de Mecánica de Fluidos y de Máquinas Hidráulicas. Este planteamiento y el interés de los autores por introducir en el laboratorio el uso de técnicas de análisis por computador, genera la necesidad de revisar profundamente los contenidos para determinar cuales debían ser abarcados en el espacio de dos horas semanales durante 13 semanas semestrales.

Se plantea el cronograma de actividades para 13 sesiones de dos horas, es responsabilidad de los auxiliares hacer uso efectivo del tiempo para cumplir a cabalidad los objetivos propuestos. El cronograma se realiza teniendo en cuenta grupos de máximo doce estudiantes en una sesión práctica. Estos grupos se dividirán en grupos de máximo 4 estudiantes.

En la Tabla 4 se presenta el cronograma de actividades propuesto, especificando prácticas por semana. Esta tabla esta especificada por número de sesiones, para ver el contenido de cada sesión, es necesario dirigirse a la Tabla 5; en ella se encontrará que procedimientos o pruebas se aplicarán por cada sesión.

Tabla 4. Cronograma de Actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES LABORATORIO S T A F																
SEMANAS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SESIONES																
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
GRUPO 1																
GRUPO 2																
GRUPO 3																

Tabla 5. Contenido de las Sesiones

SESIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Introducción.
2	Estación de Propiedades de los Fluidos e Hidrostática.
3	Banco de Pruebas de Viscosidad, Hoppler y Rotativo.
4	Visualización de Líneas de Corriente y Aparato de Reynolds.
5	Medición de Caudal y Flujometro neumático.
6	Trayectoria e impacto de chorro.
7	Análisis de Perdidas en Tuberías y Accesorios.
8	Caracterización de Bombas Centrifugas y Bombas Reciprocantes.
9	Estudio de Aire Comprimido y Caracterización de Ventiladores.
10	Caracterización de Turbinas Axial, Francis y Pelton.
11	Estudio de Sistemas Hidroneumáticos Precargados.
12	Cavitación en Válvulas y Golpe de Ariete.
13	Proyecto laboratorio computacional.

3.6 RESEÑA DE EQUIPOS Y PRUEBAS ACADÉMICAS

A continuación en la tabla 6 se presentan todos los equipos que conformarán el laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos y sus principales capacidades experimentales. También se incluyen las actividades a desarrollar en el laboratorio computacional.

Tabla 6. Reseña de equipos y pruebas académicas

EQUIPOS PARA PRUEBAS BASICAS	PRUEBAS REALIZABLES
Banco de hidrostática y propiedades de los fluidos	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la densidad y gravedad específica. • Principios y operación de un hidrómetro. • Estudio de la capilaridad. • Medición de la viscosidad por el método de la esfera deslizante. • Determinación de la presión hidrostática. • Verificación del principio de Arquímedes. • Medición de fuerza en un punto sobre una superficie plana. • Manómetros en U. • Operación de un medidor de Presión Bourdon.
Viscosímetro Hoppler	<ul style="list-style-type: none"> • Medición experimental de la viscosidad de un fluido dado y su variación con respecto a la temperatura
Viscosímetro rotativo	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el método de viscosímetro rotativo para medición de viscosidad. • Analizar el comportamiento de la viscosidad ante la variación de la temperatura.
Equipo flujo a través de un orificio y trayectoria de chorro	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación el coeficiente de descarga real (por medición de caudal). • Determinación la trayectoria de un chorro y comparar con los cálculos teóricos. • Determinación el coeficiente de descarga para diferentes caudales para mostrar la influencia del número de Reynolds.
Equipo de medición de caudal	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la ecuación de Bernoulli • Comparación directa de la medición de caudal utilizando un medidor Venturi, un orificio y Rotámetro. • Comparación de las caídas de presión a lo largo de cada elemento y también a lo largo de una expansión súbita y un codo de 90°.
Equipo de visualización de líneas de corriente	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación procesos que satisfagan la ecuación de la Laplace en dos dimensiones. • Observación del comportamiento de flujo alrededor y a través de elementos de diferentes formas. • Observación del comportamiento de una fuente y un sumidero dentro de una corriente uniforme de flujo.

<p>Aparato demostrativo del Número de Reynolds y transición de flujo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observación del comportamiento de un flujo Laminar, Crítico y Turbulento. • Comprobación experimental de los valores de Número de Reynolds para los diferentes tipos de flujo. • Investigación de los efectos de la variación de la viscosidad con el Número de Reynolds, para los diferentes flujos.
<p>Equipo de Impacto de chorro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio del impacto producido por un chorro sobre una superficie estacionaria y comparación con el cambio de momento. • Comprender experimentalmente las ecuaciones de fuerza y la ecuación de impulso - momento. • Mostrar el principio de funcionamiento de las turbinas impulsadas por fluidos en movimiento.
<p>Banco de perdidas en sistemas de tuberías</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de pérdidas de energía en tubería • Caracterización Hidráulica de la rugosidad absoluta de tuberías. • Estudio de pérdida de energía en válvulas • Estudio de pérdida de energía en accesorios. • Estudio del comportamiento hidráulico de líneas de tubería en serie y en paralelo. • Determinación de curvas características de bombas centrífugas operando en serie y paralelo.
<p>Equipo de flujo en canales abiertos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de caudal en canales abiertos mediante el uso de vertederos, vertedero de cresta ancha y vertederos de cresta delgada, vertedero triangular, vertederos rectangulares: completo y contraído. • Calibración de venturi, platina orificio y rotámetro. • Comparación de las lecturas en de flujo en venturi, platina orificio y rotámetro vs. flujometro de paletas y flujometro tipo vortex.
<p>Flujometro Neumático</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción del perfil de velocidad con el uso del anemómetro de hilo caliente • Calculo del caudal a partir de las curvas de perfil de velocidad. • Comparación del caudal medido en el venturi vs. anemómetro de hélice.
<p>Calibrador de presión</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a las técnicas de calibración • Reconocimiento de errores típicos de medidores de presión.
<p>Analizador de tamaño de partícula</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación del tamaño de partículas y su relación con la abrasividad del fluido •

EQUIPOS PARA PRUEBAS DE APLICACIÓN	PRUEBAS REALIZABLES
Equipo de Caracterización de Bombas Centrífugas (Pump laboratory)	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación y observación del fenómeno de cavitación y su efecto en los parámetros de operación de bombas centrífugas • Construcción de la curva característica de la bomba centrífuga a diferentes velocidades de rotación • Construcción de la curva característica para diferentes impulsores.
Banco de Golpe de Ariete	<ul style="list-style-type: none"> • Demostración y análisis del golpe de ariete y ondas de presión • Determinación de la velocidad del sonido en la tubería de prueba • Determinación de los perfiles de presión.
Banco para el estudio de aire comprimido	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de eficiencia volumétrica y trabajo isotérmico. • Efecto del interenfriamiento entre etapas en la compresión. • Efecto de la compresión en dos etapas.
Equipo de Bomba Reciprocante	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización del funcionamiento de una bomba de émbolo (medición del desplazamiento del émbolo, presión del cilindro y presión de descarga de la bomba) • Construcción de diagramas P-V. • Medición del efecto en el desempeño al incluir un amortiguador de pulsaciones
Equipo de Turbina Francis y Pelton (Twin Water Turbine Module)	<ul style="list-style-type: none"> • Desempeño de una Turbina Pelton. • Desempeño de una Turbina Francis. • Curvas de desempeño a velocidad constante. • Cálculo de las velocidades específicas de las turbinas.
Equipo de Turbina Axial	<ul style="list-style-type: none"> • Medición del desempeño de la turbina en términos del torque, potencia al freno y eficiencia como función de la velocidad de rotación. • Cálculo de la velocidad específica.
Equipo para caracterización de ventiladores	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la curva característica de un ventilador. • Determinar su desempeño a través de la medición de parámetros de operación • Estudio de la influencia de la configuración del rotor en el desempeño.

LABORATORIO COMPUTACIONAL (HERRAMIENTA SOFTWARE)	EXPERIENCIAS A REALIZAR
ANSYS FLOTRAN	<ul style="list-style-type: none"> Herramienta de análisis de Dinámica de fluidos computacional.
EPANET	<ul style="list-style-type: none"> Simulación de redes de distribución y acueductos.
PSIM	<ul style="list-style-type: none"> Simulación de sistemas de bombeo y estimación del costo del ciclo de vida.
SAHIGAS	<ul style="list-style-type: none"> Herramienta útil para la formación el área de diseño de redes de transporte y distribución de gas, al igual que en la determinación de las principales propiedades de las mezclas de hidrocarburos gaseosos de utilización más generalizada

Con la tabla anterior se da un breve descripción de las posibilidades experimentales de cada uno de los equipos que conformarían el laboratorio. A continuación se presentarán detalladamente cada uno de los equipos junto con el marco teórico, procedimiento para la realización de pruebas, cálculos modelo, tablas y presentación de resultados.

3.7 PRUEBAS ACADÉMICAS

3.7.1 Banco de Caracterización de Bombas centrífugas

Objetivos:

- Que el estudiante aprenda a realizar la curva característica de una bomba centrífuga para diferentes impulsores.
- Que el estudiante identifique el fenómeno de la cavitación y sus principales parámetros y que pueda comprobar experimentalmente las leyes de afinidad.

Teoría. Los alabes de un rodete de una bomba o de la hélice de un barco se mueven dentro de un fluido, las áreas de bajas presiones se forman cuando el

fluido se acelera a través de los alabes. Cuanto más rápido se mueven los alabes menor es la presión alrededor de los mismos. Cuando se alcanza la presión de vapor, el fluido se vaporiza y forma pequeñas burbujas de vapor que al colapsarse causan ondas de presión audibles y desgaste en los alabes.

La cavitación en bombas puede producirse de dos formas diferentes:

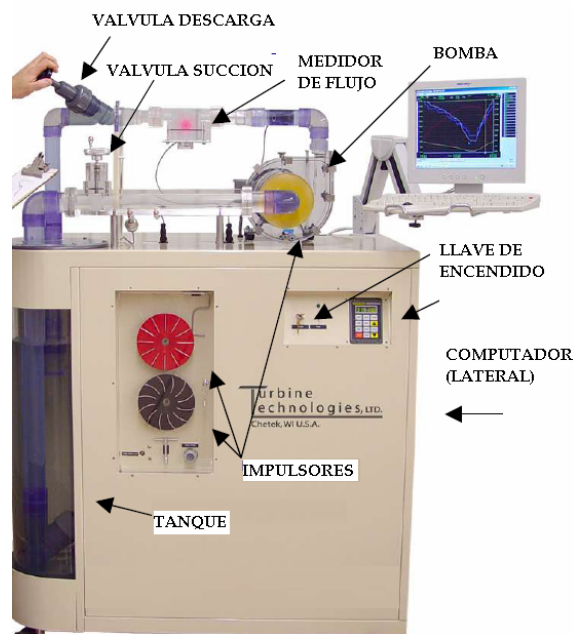
Cavitación de succión. La cavitación de succión ocurre cuando la succión de la bomba se encuentra en unas condiciones de baja presión/alto vacío que hace que el líquido se transforme en vapor a la entrada del rodete. Este vapor es transportado hasta la zona de descarga de la bomba donde el vacío desaparece y el vapor del líquido es de nuevo comprimido debido a la presión de descarga. Se produce en ese momento una violenta implosión sobre la superficie del rodete. Un rodete que ha trabajado bajo condiciones de cavitación de succión presenta grandes cavidades producidas por los trozos de material arrancados por el fenómeno, esto origina el fallo prematuro de la bomba.

Cavitación de descarga. La cavitación de descarga sucede cuando la descarga de la bomba está muy alta. Esto ocurre normalmente en una bomba que está funcionando a menos del 10% de su punto de eficiencia óptima. La elevada presión de descarga provoca que la mayor parte del fluido circule por dentro de la bomba en vez de salir por la zona de descarga, a este fenómeno se le conoce como "slippage". A medida que el líquido fluye alrededor del rodete debe de pasar a una velocidad muy elevada a través de una pequeña apertura entre el rodete y el tajamar de la bomba. Esta velocidad provoca el vacío en el tajamar (fenómeno similar al que ocurre en un venturi) lo que provoca que el líquido se transforme en vapor. Una bomba funcionando bajo estas condiciones muestra un desgaste prematuro del rodete, tajamar y álabes.

Además y debido a la alta presión de funcionamiento es de esperar un fallo prematuro de las juntas de estanqueidad y rodamientos de la bomba. Bajo condiciones extremas puede llegar a romperse el eje del rodete.

Descripción del Equipo. El equipo a utilizar es el laboratorio de bombas centrífugas. Mediante este equipo el estudiante puede realizar prácticas para familiarizarse con el fenómeno de la cavitación, sus causas y sus efectos. Igualmente el banco permite estudiar los principales parámetros de operación de una bomba centrífuga; pudiendo calcular su curva de funcionamiento a diferentes velocidades de rotación y con tres diferentes impulsores. Esto permite observar el efecto del ángulo de salida del alabe en la curva de operación de la bomba. Además se cuenta con un medidor de torque y revoluciones, lo cual permite determinar la curva de eficiencia de la bomba.

Figura 19. Laboratorio de bombas centrífugas.



Procedimiento. Cavitación:

1. Con el auxiliar del laboratorio preinstale el impulsor con el que se hará el estudio. No olvide cebar la bomba.

2. Encienda la unidad con la llave de encendido.

3. Encienda el computador para la adquisición de datos

4. Configure el computador para adquirir los datos de la prueba iniciando el Virtual Bench Logger y en pantalla realice las siguientes acciones:

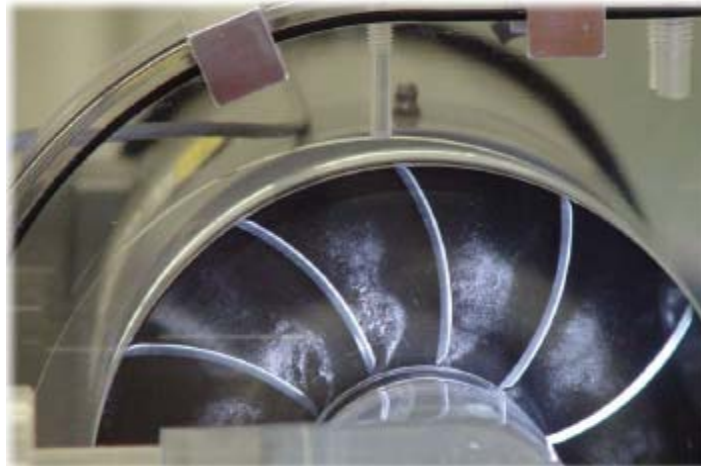
- ✓ EDIT
- ✓ SETTINGS
- ✓ FILE CONFIGURATION
- ✓ En el campo FILE NAME escriba el nombre de usuario con la extensión .log
- ✓ Seleccione la opción APPEND para añadir datos a un archivo existente u OVERWRITE para cargar únicamente los datos actuales
- ✓ Seleccione la opción ENABLE LOGGING
- ✓ Ajuste los parámetros restantes como sea necesario.
- ✓ De ACEPTAR dos veces
- ✓ Inserte el disquete en el computador

5. Ahora se dará inicio al experimento. Para ello cerciórese de que la llave del PUMP LAB se encuentre en la posición de encendido y que las válvulas de succión y descarga se encuentren abiertas.

6. Presione el botón FWD
7. Presione el botón amarillo llamado Up Arrow y manténgalo presionado hasta que la bomba alcance su máxima velocidad de rotación.
8. En el computador seleccione Iniciar y luego Logging para iniciar la adquisición de datos.
9. Cierre lentamente la válvula de succión. Comenzarán a aparecer las burbujas de vapor corriente debajo de la válvula. Continúe cerrando la válvula lentamente hasta que esté casi cerrada. Se observarán una gran cantidad de burbujas haciendo implosión en el impulsor, al mismo tiempo que se apreciará el ruido y la vibración producida por éstas. Abra lentamente la válvula de succión hasta que se encuentre totalmente abierta.
10. En el panel de control del equipo presione la tecla amarilla llamada Down Arrow y disminuya la velocidad hasta detener la bomba. Luego presione el botón rojo de parada.
11. Detenga la adquisición de datos en el computador.
12. Ahora es necesario transferir los datos adquiridos al disco. Para ello verificamos que el disco de 3 ½" se encuentre introducido.
13. Ahora en Inicio, Programas, Microsoft Excel, File, Open. Bajo el campo Archivos, despliegue el menú y seleccione la opción todos los archivos. Busque el archivo con la extensión .log que creo inicialmente y ábralo.

14. Verá algunos cuadros de dialogo, de clic en siguiente y luego finalizar.
15. Ahora que tenemos el archivo abierto procedemos a guardarlo en el disco. Archivo, guardar como, 3 ½" (A), guardar.

Figura 20. Cavitación en el impulsor (vista con luz estroboscópica)



Curva de desempeño

1. Con el auxiliar del laboratorio preinstale el impulsor con el que se hará el estudio. No olvide cebar la bomba.
2. Encienda la unidad con la llave de encendido.
3. Encienda el computador para la adquisición de datos
4. Configure el computador para adquirir los datos de la prueba iniciando el Virtual Bench Logger y en pantalla realice las siguientes acciones:

- a. EDIT
 - b. SETTINGS
 - c. FILE CONFIGURATION
 - d. En el campo FILE NAME escriba el nombre de usuario con la extensión .log
 - e. Seleccione la opción APPEND para añadir datos a un archivo existente u OVERWRITE para cargar únicamente los datos actuales
 - f. Seleccione la opción ENABLE LOGGING
 - g. Ajuste los parámetros restantes como sea necesario.
 - h. De ACEPTAR dos veces
5. Inserte el disquete en el computador
6. Ahora se dará inicio al experimento. Para ello cerciórese de que la llave del PUMP LAB se encuentre en la posición de encendido y que las válvulas de succión y descarga se encuentren abiertas.
7. Presione el botón FWD
8. Presione el botón amarillo llamado Up Arrow y mantengalo presionado hasta que la bomba alcance una velocidad de 1789 RPM.
9. En el computador seleccione Iniciar y luego Logging para iniciar la adquisición de datos.
10. Con la válvula de succión completamente abierta, cierre lentamente la válvula de descarga hasta que esté completamente cerrada. Luego ábrala lentamente hasta que este totalmente abierta.

Análisis de datos y resultados:

1. Inserte el disco en el que guardo los datos adquiridos y abra el archivo que guardo anteriormente desde Microsoft Excel. Observará los datos grabados durante la experiencia anterior. Los datos principales son los siguientes:

- a. Fecha
- b. Hora
- c. Flujo (Gal/min)
- d. Succión (Ft de agua)
- e. Descarga (Ft de agua)
- f. RPM
- g. Torque (Ft-Lbs)

2. Luego de obtener los datos, es necesario graficar las curvas de desempeño de la bomba durante la cavitación. Para ello seguimos el siguiente procedimiento:

- a. En Excel; seleccionamos las columnas que queremos graficar. (Flujo, cabeza de succión, cabeza de descarga y torque)
- b. De clic en el icono del Asistente para gráficos. Allí seleccione el tipo de gráfico Líneas y en subgráfico el tipo XY.
- c. Los datos seleccionados son ahora graficados; ahora seleccione la barra de Series y edite los nombres de cada una de las series graficadas y así obtener la grafica completa de funcionamiento de la bomba con el impulsor.

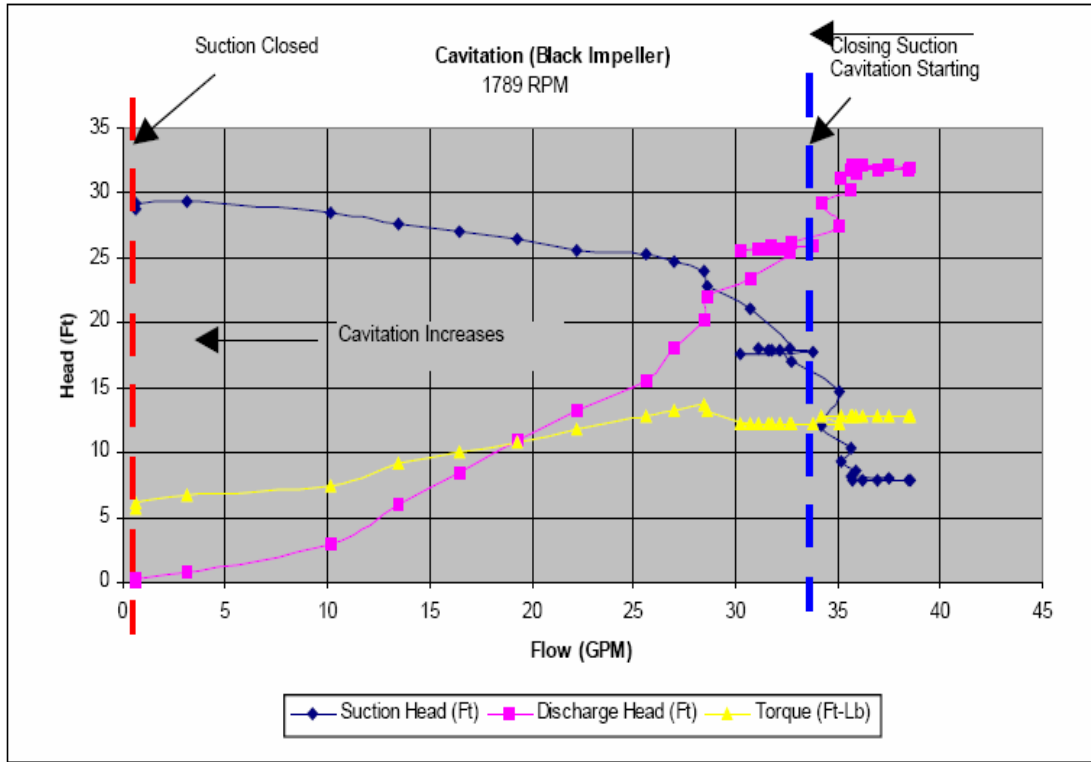
Tabla 7. Ejemplo de datos Adquiridos prueba de Cavitación.

Fecha	Hora	Flujo	Cabeza de succión	Cabeza de descarga	RPM	TORQUE
		6.063	1.938	2.281	532.359	5.928
		4.369	1.901	2.248	532.364	5.929
		4.127	1.889	2.327	532.367	5.929
		6.394	1.906	2.288	532.357	5.928
		5.238	1.937	2.281	532.361	5.929
		4.207	1.916	2.263	532.363	5.929
		6.063	1.93	2.247	532.355	5.929
		5.946	1.899	2.29	532.36	5.928
		4.342	1.936	2.307	532.362	5.928
		5.742	1.912	2.267	532.359	5.928
		6.342	1.928	2.287	532.36	5.928
		4.311	1.915	2.291	532.363	5.928

Cálculos de verificación. Es necesario calcular la cabeza neta positiva de succión disponible para el impulsor. Conocemos la presión atmosférica (14.7 psi). El nivel del líquido por encima del centro de la bomba (-14" ó -1.16'). La tubería tiene una longitud de 6 pies y diámetro de 2" mas dos codos de 90 grados, dos acoples y una válvula de compuerta.

Se bombean 38 GPM de agua a 68 F, gravedad específica del agua es 1 y la presión de vapor del agua es 0.27 psia.

Figura 21. Curva de desempeño bomba centrífuga con impulsor negro



$NPSH_a$ = Presión atmosférica (Ft cabeza) + Cabeza de la superficie del líquido (Ft) + Cabeza estática del líquido (Ft) - Presión de vapor del líquido (Ft) - pérdidas por fricción en la tubería, válvulas y accesorios.

$$\begin{aligned}
 NPSH_a &= [(14.7 \text{ psi}) (2.31 \text{ Ft H}_2\text{O}/1 \text{ psi})] + [0 \text{ (el tanque no esta bajo presión)}] \\
 &+ [-1.16 \text{ Ft}] - [(0.27 \text{ psi}) (2.31 \text{ Ft H}_2\text{O}/1 \text{ psi})] - [(6\text{ft de tubería}) (2.82 \text{ Ft}/100 \text{ Ft} \\
 &2'' \text{ pipe})] - [(2 \text{ codos})(.9 \text{ k factor})(.2058 \text{ V}^2/2g \text{ factor})] - [(2 \text{ acoples})(.045 \text{ k} \\
 &\text{factor})(.2058 \text{ V}^2/2g \text{ factor})] - [(1 \text{ válvula de compuerta})(.175 \text{ k factor})(.2058 \\
 &\text{V}^2/2g \text{ factor})]
 \end{aligned}$$

$$= 33.95' + 0' + -1.16' - .62' - .17' - .37' - 0.02 - 0.04' = \mathbf{31.59'}$$

3.7.2 Banco de bomba de émbolo

Figura 22. Banco de bomba de émbolo



Objetivos:

- ✓ Aplicar los fundamentos teóricos para la determinación de los principales parámetros de funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo.
- ✓ Graficar la curva de carga contra capacidad
- ✓ Medir la eficiencia volumétrica
- ✓ Medir el efecto del amortiguador de pulsaciones en el desempeño del sistema

Teoría: las bombas reciprocantes (alternativas) se utilizan en numerosas aplicaciones que exceden la capacidad de las bombas centrífugas o rotatorias. Algunos servicios se podrían efectuar con una centrífuga o rotatoria, pero a expensas de un aumento en los requisitos de potencia y de mantenimiento. Debido a los altos costos de la energía, la bomba de potencia, con su elevada eficiencia mecánica, se utiliza cada vez más en muchas aplicaciones.

Una bomba reciprocante es de desplazamiento positivo, es decir, recibe un volumen fijo de líquido en condiciones casi de succión, lo comprime a la presión de descarga y lo expulsa por la boquilla de descarga. En estas bombas se logra por el movimiento alternativo de un pistón, émbolo o diafragma.

La bomba reciprocante no es cinética como la centrífuga y no requiere velocidad para producir presión, pues se pueden obtener presiones altas a bajas velocidades. Esta es una de las ventajas de la bomba reciprocante en particular para manejar pastas aguadas abrasivas y líquidos muy viscosos.

En la bomba de potencia se hace alternar el elemento de bombeo con una manivela o un cigüeñal. Esta bomba se mueve con un propulsor con eje rotatorio, como motor eléctrico, de combustión interna o turbina.

La bomba de acción directa se impulsa con un fluido-motor por medio de presión diferencial. Como estas bombas, originalmente, eran para impulsarlas con vapor, como la mayor parte de las bombas, se les llamaba bomba de vapor, no porque bombearan vapor, sino porque éste las impulsaba.

Desde hace bastantes años se han utilizado otros gases como fluidos-motores. El gas combustible que, en otra forma, se enviaría con un regulador de presión para servicio de la planta, a menudo se envía a la bomba de acción directa para que funcione "gratis". El aire comprimido se utiliza con frecuencia para

impulsar bombas pequeñas en servicios como pruebas hidrostáticas y dosificación de productos químicos.

Figura 23. Clasificación de las bombas reciprocantes



Descripción del equipo. La unidad de demostración de bomba de embolo, es una unidad compacta, la cual cuenta con todos los accesorios para ser una unidad autónoma.

La unidad incluye: un tanque de medición volumétrica con interruptores de nivel-tiempo para la medición de caudal, cámara de amortiguación de pulsos (que puede ser aislada), válvula de alivio de presión de salida ajustable, bomba: 60/72 carreras/min a 50/60Hz; volumen de barrido: diámetro 34,9mm x carrera 12,7mm, flujo teórico: 0,729 litros/min (50Hz) 0,875 litros/min (60Hz).

La unidad también incluye los siguientes sensores: presión de cilindro y de salida, posición del émbolo, nivel de líquido en el tanque de medición volumétrica (caudal volumétrico).

Gracias a estas características el banco ofrece las siguientes posibilidades:

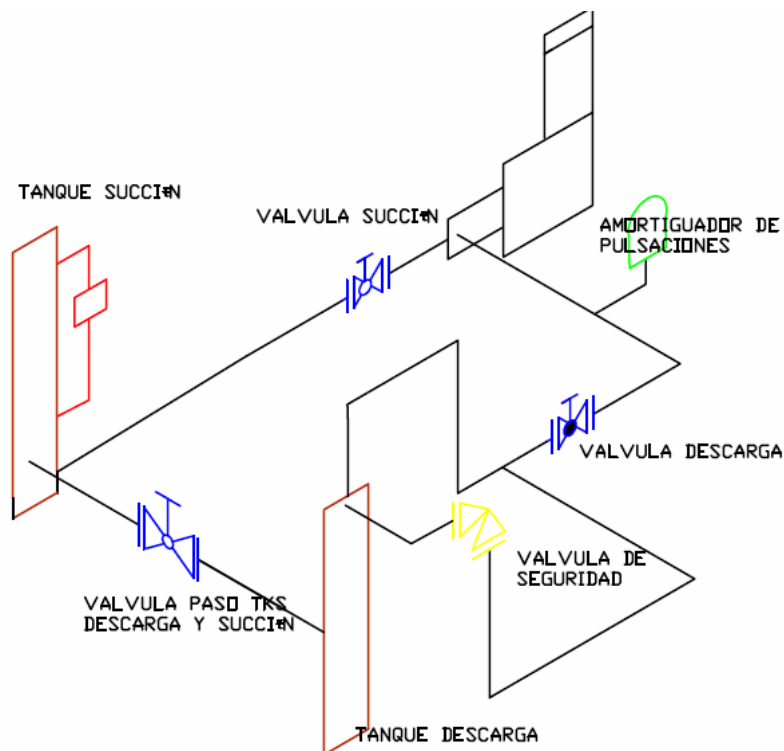
Medición durante cada ciclo de bombeo de: desplazamiento del émbolo, presión del cilindro, presión de salida de la bomba, visualización en línea de

diagrama P-V , medición de la eficiencia volumétrica, medición del efecto sobre el rendimiento de la bomba de: abrir la válvula de entrada o salida, ajustar la válvula de carga de salida y la inclusión de una cámara de amortiguación de pulsos.

En el diagrama de la figura 24 se incluyen los componentes más importantes de este banco de pruebas.

Este banco también es suministrado con un completo software de cálculo y adquisición de datos, el cual incluye una completa guía procedimental de manejo que permite ahorrar tiempo en la toma de datos para que los estudiantes se centren en la comprensión del fenómeno estudiado.

Figura 24. Diagrama Banco de bomba de émbolo.



Procedimiento:

1. Es necesario verificar que el tanque de aceite de succión esté lleno y en buenas condiciones.
2. Conecte el banco de pruebas al unidad interfaz IFD6 y ésta al computador
3. Antes de iniciar la prueba es necesario encender el computador e iniciar el programa de cálculo y adquisición de datos suministrado.
4. Cree un archivo para almacenar los datos suministrados.
5. Conecte el equipo al suministro eléctrico.
6. Antes de iniciar la prueba es necesario que los estudiantes se hayan familiarizado con los diferentes componentes del banco. (referirse a la figura 24).
7. Verifique que las válvulas en la línea de succión y de descarga se encuentren totalmente abiertas.
8. Verifique que la válvula de alivio se encuentre tarada un 30% por encima de la presión de trabajo.
9. En el computador, habilite la opción de adquisición de datos del programa de cálculo.
10. Encienda el banco de pruebas.
11. Verifique que la válvula que comunica al amortiguador de pulsaciones se encuentre cerrada.
12. Comience a cerrar lentamente la válvula de descarga.
13. Para observar el efecto de la válvula de succión en el comportamiento de la bomba, repita el procedimiento anterior pero varíe la apertura de la válvula de succión.
14. Inicie el equipo y el programa de computador, verifique que las válvulas de succión y descarga se encuentren totalmente abiertas.

15. Inicie la adquisición de datos y el equipo.
16. Abra la válvula que comunica al amortiguador de pulsaciones.
17. Compare las características del flujo al incluir el amortiguador.

Determine el rendimiento de la bomba para las siguientes condiciones de operación:

- Variando la válvula de succión
- Variando la válvula de carga de salida (válvula de descarga)

Análisis de datos y resultados. En la figura 25 se observa la interfaz gráfica del programa de cálculo de la unidad de demostración. A través del programa los estudiantes validarán los resultados obtenidos en la experiencia por medio de los cálculos teóricos.

El software genera datos en tiempo real del funcionamiento del equipo tales como:

Diagrama p-v del cilindro

Caudal vs. ángulo del cigüeñal. Ver figura 26

Curva de caudal vs. presión en el cilindro.

Figura 25. Software de cálculo y adquisición de datos

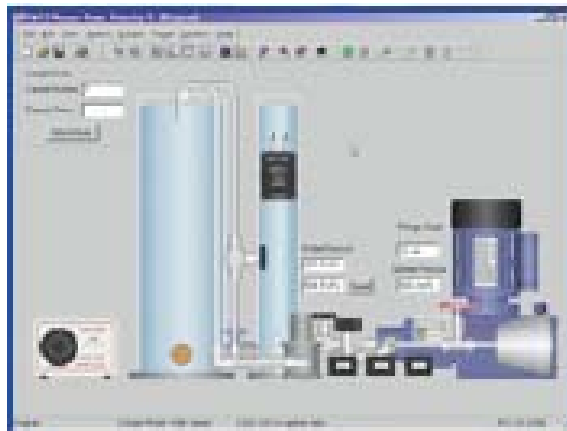
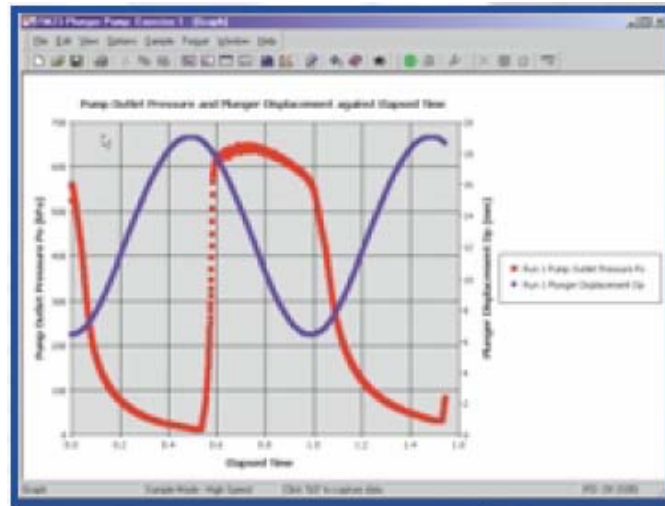


Figura 26. Caudal vs. ángulo del cigüeñal



3.7.3 Banco de Aire comprimido

Objetivo. Observar el comportamiento del aire comprimido a través de diferentes elementos tales como toberas, difusores e inyectores y de esta forma comparar los resultados con las leyes termodinámicas que rigen el fenómeno.

Marco teórico. Aquellos flujos donde las variaciones en densidad son insignificantes se denominan *incompresibles*; cuando las variaciones en densidad dentro de un flujo no se pueden despreciar, se llaman *compresibles*. Si se consideran los dos estados de la materia incluidos en la definición de fluido, líquido y gas, se podría caer en el error de generalizar diciendo que todos los flujos líquidos son flujos incompresibles y que todos los flujos de gases son flujos compresibles. La primera parte de esta generalización es correcta para la mayor parte de los casos prácticos, es decir, casi todos los flujos líquidos son esencialmente incompresibles. Por otra parte, los flujos de gases se pueden también considerar como incompresibles si las velocidades

son pequeñas respecto a la velocidad del sonido en el fluido; la razón de la velocidad del flujo, V , a la velocidad del sonido, c , en el medio fluido recibe el nombre de número de Mach, M , es decir,

$$M=V/c$$

Los cambios en densidad son solamente del orden del 2% de valor medio, para valores de $M < 0.3$. Así, los gases que fluyen con $M < 0.3$ se pueden considerar como incompresibles; un valor de $M = 0.3$ en el aire bajo condiciones normales corresponde a una velocidad de aproximadamente 100 m/s.

Los flujos compresibles se presentan con frecuencia en las aplicaciones de ingeniería. Entre los ejemplos más comunes se pueden contar los sistemas de aire comprimido utilizados en la operación de herramienta de taller y de equipos dentales, las tuberías de alta presión para transportar gases, y los sistemas sensores y de control neumático o fluídico. Los efectos de la compresibilidad son muy importantes en el diseño de los cohetes y aviones modernos de alta velocidad, en las plantas generadoras, los ventiladores y compresores.

Bajo ciertas condiciones se pueden presentar ondas de choque y flujos supersónicos, mediante las cuales las propiedades del fluido como la presión y la densidad cambian bruscamente.

Descripción del equipo. La unidad comprende dos compresores reciprocantes movidos independientemente por un motor de velocidad ajustable. La unidad permite ser operada como una unidad de simple etapa,

de dos etapas y de dos etapas con interenfriamiento. Toda la instrumentación se encuentra ubicada en el panel frontal.

Los compresores son refrigerados por aire y son movidos por motores de corriente directa de 2.4 kw. Ambos motores cuentan con una unidad de tiristor la cual permite dar un régimen de funcionamiento de 0-1000RPM. Además se cuenta con una celda de carga acoplada directamente al motor la cual permite registrar el torque. El consumo de potencia es registrado por un voltímetro y un amperímetro y las revoluciones también son registradas.

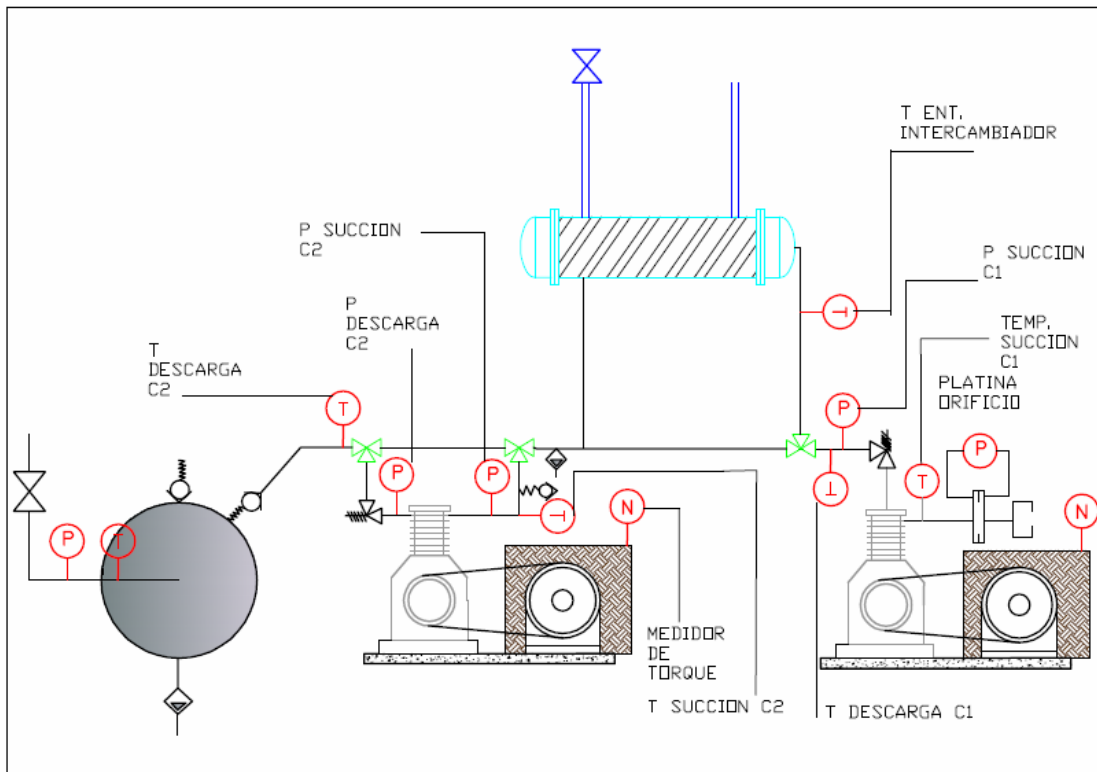
Este equipo permite realizar experiencias en las que se calcula la eficiencia volumétrica, trabajo isotérmico realizado, trabajo indicado, potencia al freno, rata de compresión, relación de temperaturas, estudio del efecto del interenfriamiento entre etapas en el ciclo de temperaturas y en el consumo de trabajo realizado por el compresor.

Procedimiento:

1. Antes de iniciar la prueba es necesario revisar que todas las conexiones se encuentren en buen estado.
2. Procedemos a encender el compresor numero 1 y 2.
3. Ajustamos la velocidad hasta su máximo valor 1000 RPM
4. Registre la temperatura de succión y de descarga del compresor número 1.
5. Registramos la Presión de descarga y de succión del compresor número 2.
6. Registre el valor del torque.
7. Registre el valor del amperaje y el voltaje.
8. Realizar el procedimiento anterior para diferentes velocidades de rotación.
9. Realizar la prueba para las siguientes condiciones de funcionamiento:
10.
 - a. Compresión en una etapa

- b. Compresión en dos etapas
- c. Compresión con interenfriamiento

Figura 27. Diagrama Equipo de aire comprimido



Equipo de prueba de flujo a través de boquillas. Este banco, formaría parte del equipo anteriormente mencionado y tendría la función de proveer un espacio para realizar pruebas de flujo a través de toberas, inyectores, eyectores y difusores.

Los componentes de la instalación serían:

Regulador de presión: Este con el objeto de poder variar la presión del aire para suplir las diversas exigencias en las pruebas.

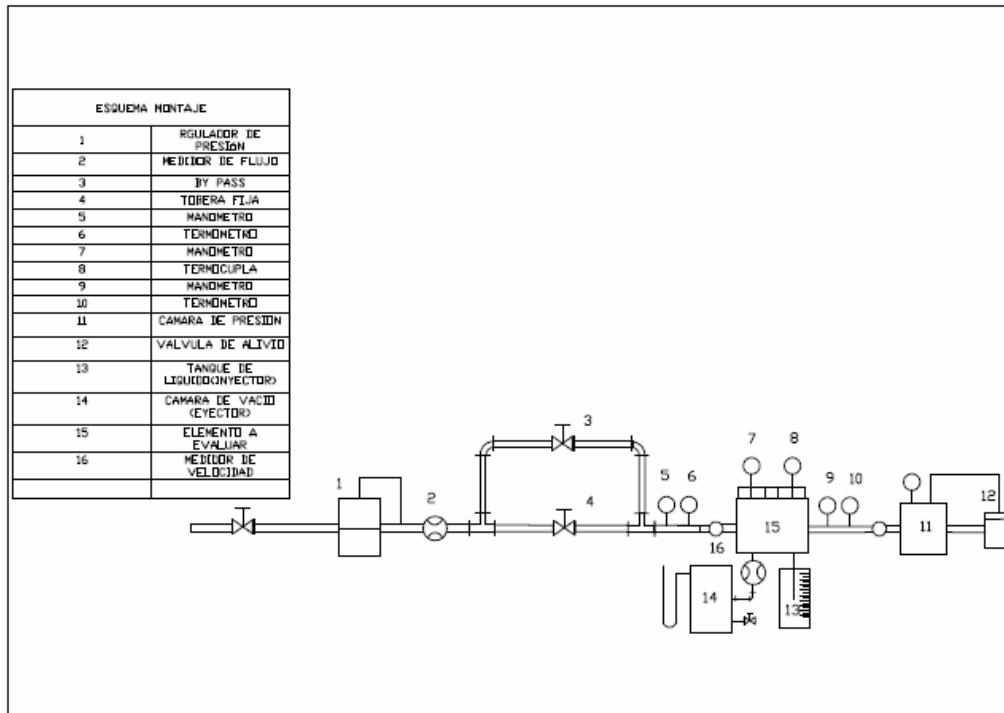
Tobera fija: Se requiere para cambiar la velocidad del flujo cuando se desee hacer pruebas con difusores ya que estos elementos requieren una velocidad de entrada alta. Se instala fija o permanente con el fin de evitar estar intercambiándola cada vez que se cambie de elemento de prueba. Pero cuando esta condición de velocidad alta no se requiera el flujo no deberá pasar por esta tobera, entonces se dispone de un bypass como se puede ver en la figura 28.

Instrumentos de medición: Para este fin se pueden instalar, manómetros y termómetros fijos, lo mismo que un medidor de flujo.

Elementos a experimentar: Lo ideal sería que cualquier boquilla o elemento por el cual circule un flujo pueda ser experimentado o probado en esta instalación, para tal fin se debe prever la instalación de adaptadores de diferentes diámetros.

Sistema de medición de condiciones termodinámicas a través del elemento: Este es un punto que requiere bastante análisis y conocimiento de los medios disponibles para tal fin, Los autores del proyecto sugirieron el siguiente método para su realización. A lo largo del elemento se harán unas perforaciones a diferentes distancias de los extremos, dichas perforaciones tendrán como fin la colocación de termocuplas, tomas presión y la conexión de algún medidor de velocidad, dispositivos estos mediante los cuales se podrá conocer las diferentes condiciones termodinámicas en cada punto. Y al llegar a estos resultados a una gráfica, se podrá observar el comportamiento del aire a través de dicho ducto. No convendría hacer las perforaciones a lo largo de una línea recta, sino que se recomienda hacer éstas formando una especie de espiral, esto con el fin de evitar el debilitamiento del elemento.

Figura 28. Esquema laboratorio de Aire Comprimido fase II



Medición de propiedades a la salida del elemento: Análogamente a la medición de las propiedades a la entrada, los medidores deben ser fijos y se debe disponer de adaptadores para diferentes diámetros.

Elementos adicionales a la instalación: Para la realización de pruebas se requieren elementos adicionales tales como:

Un recipiente de volumen conocido el cual contendrá el fluido que se suministre al inyector.

Cámara de vacío que permita la realización de pruebas con eyectores.

Cámaras de presión serán utilizadas cuando se desee que la descarga no se haga a la atmósfera sino que por el contrario exista una contrapresión en elemento.

Procedimiento

1. Variación de las propiedades a lo largo del elemento.

Metodología:

- a. Instalación del elemento a experimentar, recopilación y tabulación de las diferentes propiedades mediante la lectura de los instrumentos de medición.
- b. Realización de gráficas para observar los diferentes cambios de las propiedades a través del instrumento.

2. Determinación del comportamiento del aire en el elemento para diferentes valores de presión de entrada.

Metodología:

- a. Mediante el regulador de presión montado en la línea de suministro de aire se puede obtener diferentes valores de presión en la entrada del elemento a evaluar.
- b. Lectura de los diferentes instrumentos de medición, recopilación y tabulación de los datos obtenidos.
- c. Realización de gráficas en las cuales se pueda ver los diferentes cambios en las condiciones.

3. Medición del vacío producido por un eyector al hacer circular aire comprimido a diferentes presiones de entrada.

Metodología:

- a. Con descarga a la atmósfera
 - Mediante el regulador de presión se varía las condiciones de presión de aire a la entrada.

- Medición de la presión en la cámara de vacío, tabulación de las diferentes lecturas obtenidas en los instrumentos de medición. Y realización de gráficas de comportamiento.

b. La prueba anteriormente descrita se puede realizar variando también las condiciones en la descarga mediante la conexión de ésta a una cámara de presión en donde se pueda obtener diferentes condiciones en la salida del elemento.

4. Medición del caudal de líquido aspirado por el inyector para diferentes presiones de operación

Metodología:

a. Para llevar a cabo esta prueba es necesario conectar el inyector a un recipiente de área conocida con el fin de estipular o medir el cambio en el volumen de líquido en un tiempo determinado de operación del elemento, esta prueba se puede realizar para diferentes presiones utilizando como ya había enunciado anteriormente el regulador de presión.

Los resultados de todas las pruebas anteriores se pueden comparar con los valores teóricos los cuales pueden consultarse en cualquier libro de termodinámica o mecánica de fluidos.

3.7.4 Banco de Golpe de Ariete

Objetivos:

- Que el estudiante pueda reproducir el fenómeno del golpe de ariete y experimente el desarrollo del mismo.

- Observar el fenómeno del golpe de ariete y conocer las causas que lo producen
- Dar importancia al golpe de ariete en las instalaciones hidráulicas.

Marco Teórico. Junto a la cavitación, el golpe de ariete o *pulso de Joukowski*, llamado así por el ingeniero ruso Nikolay Egorovich Zhukovskiy (Жуковский, Николай Егорович en ruso), es el principal causante de averías en tuberías e instalaciones hidráulicas.

El golpe de ariete se origina debido a que el agua es ligeramente elástica (aunque en diversas situaciones se puede considerar como un fluido no compresible). En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de agua que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad algo menor que la del sonido en el agua. Esta sobrepresión tiene dos efectos: primero comprime ligeramente el agua, reduciendo su volumen, y segundo dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el agua que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. Conjuntamente, estos efectos provocan otra onda de presión en el sentido contrario. El agua se desplaza en dirección contraria pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el agua puede pasar a estado gaseoso formando una burbuja mientras que la tubería se contrae. Al alcanzar el otro extremo de la tubería, si la onda no se ve

disipada por ejemplo, en un depósito a presión atmosférica, se reflejará siendo mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del agua y a la dilatación de la tubería.

El problema del golpe de ariete es uno de los problemas más complejos de la hidráulica, y es resuelto generalmente mediante modelos matemáticos, que permiten simular el comportamiento del sistema.

Consecuencias. Este fenómeno es muy peligroso, ya que la sobrepresión generada puede llegar a entre 60 y 100 veces la presión normal de la tubería, ocasionando roturas en los accesorios instalados en los extremos (grifos, válvulas, etc).

La fuerza del golpe de ariete es directamente proporcional a la longitud del conducto, ya que las ondas de sobrepresión se cargarán de más energía, e inversamente proporcional al tiempo durante el cual se cierra la llave: cuanto menos dura el cierre, más fuerte será el golpe.

El golpe de ariete estropea el sistema de abastecimiento de agua, a veces hace reventar tuberías de hierro colado, ensancha las de plomo, arranca codos instalados, etc.

Dispositivos para controlar el golpe de ariete

Para evitar este efecto, existen diversos sistemas:

Para evitar los golpes de ariete causados por el cierre de válvulas, hay que estrangular gradualmente la corriente de agua, es decir, cortándola con lentitud utilizando para ello, por ejemplo, válvulas de rosca. Cuanto más larga es la tubería, tanto más deberá durar el cierre.

Sin embargo, cuando la interrupción del flujo se debe a causas incontrolables como por ejemplo, la parada brusca de una bomba eléctrica se utilizan

tanques neumáticos con cámara de aire comprimido, torres piezométricas, o válvulas que puedan absorber la onda de presión.

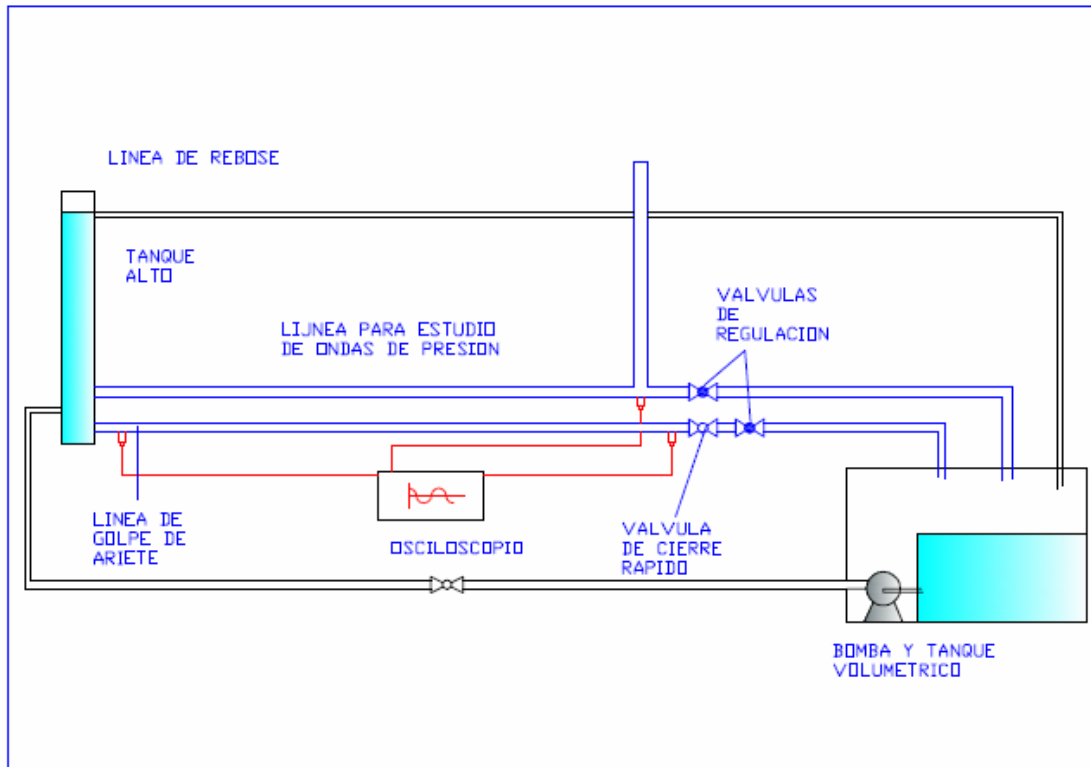
Otro caso común de variación brusca de la velocidad del flujo en la tubería se da en las centrales hidroeléctricas, cuando se produce una caída parcial o total de la demanda. En estos casos tratándose de volúmenes importantes de agua que deben ser absorbidos, se utilizan en la mayoría de los casos torres piezométricas que se conectan con la presión atmosférica, o válvulas de seguridad

Descripción del equipo. Este equipo de golpe de ariete consiste de dos tuberías de prueba separadas: una para evaluar el fenómeno del golpe de ariete y la otra para investigar las ondas de presión en tuberías. Un tanque principal permite suministrar una cabeza constante de presión hacia las líneas de prueba, e incluye internamente una tubería de rebose. El flujo es medido y proporcionado por el tanque volumétrico.

La línea para investigar las ondas de presión incluye un tanque de plástico transparente cerca del extremo final de la tubería, el cual permite observar las variaciones de la onda de presión. Un transductor de presión instalado en la base de este tanque y conectado a un osciloscopio permite grabar la onda de presión.

La tubería para experimentos de golpe de ariete tiene una válvula manual y una válvula especial de cierre rápido. Igualmente cuenta con dos transductores de presión ubicados en cada extremo de la tubería de prueba y conectados al osciloscopio, lo cual permite registrar el paso de la onda acústica a través de ellos.

Figura 29. Diagrama Banco de Golpe de ariete



Procedimiento:

1. Verifique el nivel de agua en el tanque volumétrico y proceda a encenderlo.
2. Abra la válvula de paso al tanque de suministro constante y las válvulas de control de flujo manual y de cierre rápido ubicadas en la línea de prueba.
3. Se pasa de una condición de estado estable a una condición de flujo inestable al cerrar bruscamente la válvula de cierre rápido.

4. Se realizan las lecturas en el sensor de presión y se observan los resultados en el osciloscopio.
5. Realice el mismo procedimiento con la tubería de pruebas para ondas de presión.
6. Observe la variación de la columna de líquido en la chimenea de equilibrio y registre los valores máximos y mínimos de altura de agua.
7. Calcule la velocidad de la onda de presión
8. Calcule el incremento teórico de presión
9. Calcule el tiempo que le toma a la onda de presión viajar por la tubería de prueba.
10. Calcule el tiempo crítico de cerrado.

Análisis de datos y resultados. Al cerrar rápidamente la válvula en el extremo final de la tubería de prueba, se corta la columna de agua. Las condiciones de frontera son tales que la presión es reducida en el extremo aguas arriba de la tubería. El fluido adyacente a la cara de la válvula cerrada pasa instantáneamente de su velocidad inicial a una velocidad igual a cero. Esta diferencia de velocidades entre porciones del fluido tiende a poner la columna de fluido a tensión.

Los datos registrados por los sensores de presión y mostrados en el osciloscopio generarán las siguientes gráficas:

Figura 30. Incremento de presión vs tiempo después del cierre rápido de la válvula

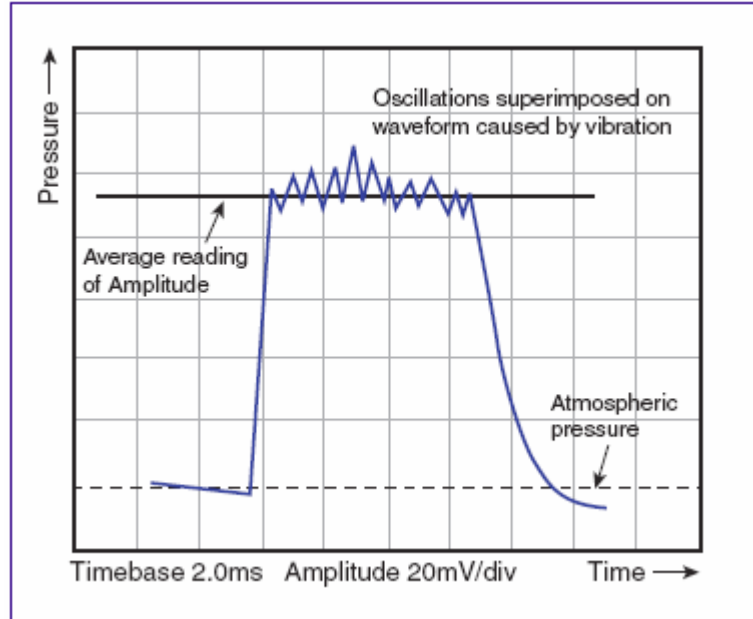
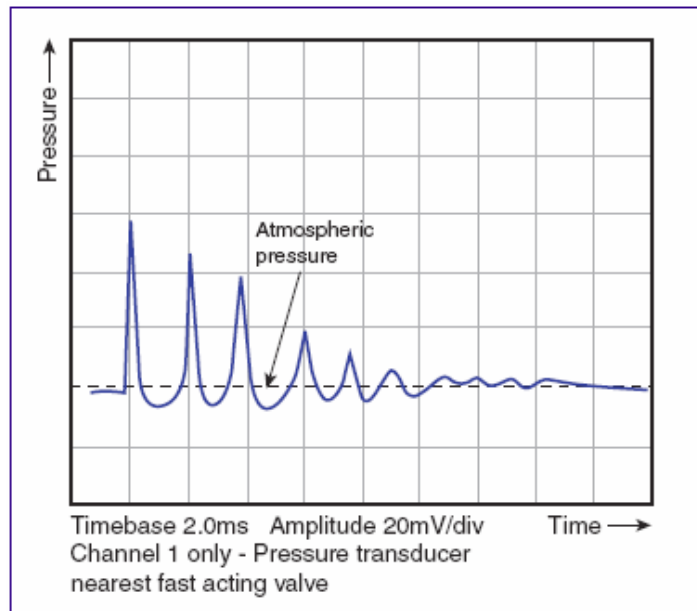


Figura 31. Diagrama de presión contra tiempo mostrando la naturaleza cíclica de los pulsos de presión con decaimiento debido a la fricción



El estudiante podrá comparar los valores obtenidos en la prueba con los cálculos teóricos siguientes:

De tablas adquirir las propiedades del agua a la temperatura de la prueba (densidad y módulo de masa).

La velocidad de la onda de presión se calcula con la siguiente fórmula:

$$a = \sqrt{\frac{\frac{B}{\rho}}{1 + \left(\frac{D}{e}\right)\left(\frac{B}{E}\right)}}$$

donde B es el módulo de masa del agua, D es el diámetro, e la rugosidad y E el módulo de elasticidad de la tubería.

La presión de golpe de ariete se calcula con la ecuación de Joukowsky

$$\Delta p = -\rho a \Delta V$$

El tiempo que le toma a la onda de presión atravesar la tubería es L/a

Y el tiempo crítico de cerrado es $t_c = 2L/a$

El estudiante deberá explicar un ciclo de movimiento de una onda en el tubo provocado por el cierre repentino de la válvula y compararlo con los resultados obtenidos durante la prueba.

3.7.5 Banco de Turbinas Francis y Pelton

Objetivos:

- Conocer el principio básico de funcionamiento de una turbina Francis y Pelton y los parámetros que gobiernan su desempeño.

- Comprender el principio de transferencia de energía en cada turbina
- Identificar las características de la turbina Francis y Pelton y los órganos principales que las componen

Marco teórico. Existen dos tipos de turbinas. La turbina de reacción que utiliza tanto energía de flujo como energía cinética del líquido; la conversión de energía se realiza en un espacio cerrado a presiones por encima de la atmosférica. La turbina de reacción se subdivide como tipo Francis o tipo de hélice. La turbina de impulso requiere que la energía de flujo se convierta en energía cinética por medio de una tobera antes de que el líquido toque el rotor; la energía se encuentra en forma de chorro de alta velocidad, o cerca de la presión atmosférica. Las turbinas se clasifican de acuerdo a su velocidad específica.

La velocidad específica representada normalmente por n_s , denominada también **velocidad específica absoluta o velocidad angular específica**, corresponde al número de revoluciones por minuto que daría una turbina semejante a la que se desea proyectar (de igual forma pero dimensiones reducidas), la cual, instalada en un salto de 1 m. de altura, proporcionaría una potencia de 1 CV.

$$n_s = \frac{n}{H} * \sqrt{\frac{P}{\sqrt{H}}} \quad \text{o también} \quad n_s = \frac{n * \sqrt{P}}{H * \sqrt{H}}$$

en la que: n_s = velocidad específica en rpm.

n = velocidad de sincronismo en rpm.

p = potencia de la turbina en CV

H = altura del salto en m.

Se deduce que, para un mismo salto y potencia a desarrollar, se pueden proyectar tantos rodets como se desee, los cuales diferirán entre si en el diámetro, altura y numero de álabes y por supuesto en el número real de revoluciones por minuto n y en la velocidad específica n_s .

A medida que, en función del crecimiento de los valores de n_s , surgen nuevos diseños de rodets, estos se van transformando de tal modo que la serie de rodets obtenidos quedaría limitada en un extremo, por las características de las turbinas Pelton, propias para el caso de velocidades específicas reducidas, utilizando sucesivamente uno o varios inyectores. Dicha serie finalizaría con las características particulares de las turbinas Kaplan, las cuales corresponden a valores elevados de n_s . Como peldaños intermedios del sucesivo cambio quedan las turbinas Francis, en toda su escala de velocidades específicas lentas, normales, rápidas y extrarrápidas.

Tabla 8. Tipo de turbina más adecuado en función de la velocidad específica

<i>Velocidad específica en r.p.m.</i>	<i>Tipo de turbina</i>	<i>Altura del salto en m .</i>
Hasta 18	Pelton de un inyector	800
De 18 a 25	Pelton de un inyector	800 a 400
De 26 a 35	Pelton de un inyector	400 a 100
De 26 a 35	Pelton de dos inyectores	800 a 400
De 36 a 50	Pelton de dos inyectores	400 a 100
De 51 a 72	Pelton de cuatro inyectores	400 a 100
De 55 a 70	Francis muy lenta	400 a 200
De 70 a 120	Francis lenta	200 a 100
De 120 a 200	Francis normal	100 a 50

<i>Velocidad específica en r.p.m.</i>	<i>Tipo de turbina</i>	<i>Altura del salto en m .</i>
De 200 a 300	Francis rápida	50 a 25
De 300 a 450	Francis extrarrápida	25 a 15
De 400 a 500	Hélice extrarrápida	15
De 270 a 500	Kaplan lenta	50 a 15
De 500 a 800	Kaplan rápida	15 a 5
De 800 a 1100	Kaplan extrarrápida	Menos de 5

Las turbinas Francis son conocidas como turbinas de sobrepresión por ser variable la presión en las zonas del rodete, o de admisión total ya que éste se encuentra sometido a la influencia directa del agua en toda su periferia. También se conocen como turbinas **radiales-axiales** y turbinas de reacción.

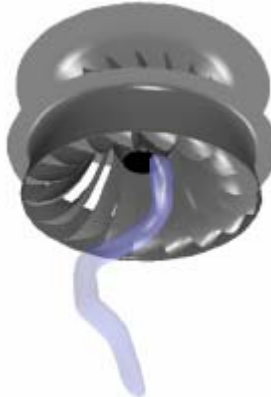
El campo de aplicación es muy extenso, dado el avance tecnológico conseguido en la construcción de este tipo de turbinas. Pueden emplearse en saltos de distintas alturas dentro de una amplia gama de caudales (entre 2 y 200 m³/s aproximadamente).

Consideraremos la siguiente clasificación, en función de la **velocidad específica** del rodete, cuyo número de revoluciones por minuto depende de las características del salto.

- Turbina Francis **lenta**. Para saltos de gran altura (alrededor de 200 m o más).
- Turbina Francis **normal**. Indicada en saltos de altura media (entre 200 y 20 m)

- Turbinas Francis **rápidas** y **extrarrápidas**. Apropriadas a saltos de pequeña altura (inferiores a 20 m).

Figura 32. Rodete de Turbina Francis



Las turbinas Francis, son de rendimiento óptimo, pero solamente entre unos determinados márgenes (para 60 % y 100 % del caudal máximo), siendo una de las razones por la que se disponen varias unidades en cada central, al objeto de que ninguna trabaje, individualmente, por debajo de valores del 60% de la carga total.

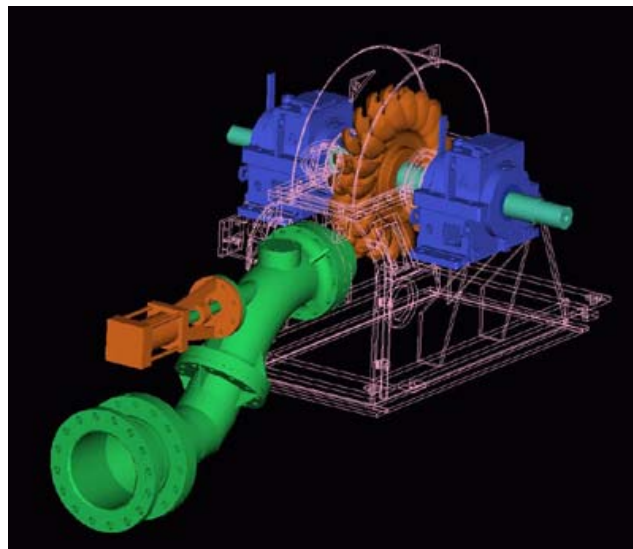
Al igual que las turbinas Pelton, las turbinas Francis pueden ser instaladas con el eje en posición horizontal o vertical, siendo esta última disposición la más generalizada por estar ampliamente experimentada, especialmente en el caso de unidades de gran potencia.

Las turbinas Pelton, se conocen como turbinas de presión por ser ésta constante en la zona del rodete, de chorro libre, de impulsión, o de admisión parcial por ser atacada por el agua sólo una parte de la periferia del rodete. Así mismo entran en la clasificación de turbinas tangenciales y turbinas de acción.

Su utilización es idónea en saltos de gran altura (alrededor de 200 m y mayores), y caudales relativamente pequeños (hasta 10 m³/s aproximadamente).

Por razones hidroneumáticas, y por sencillez de construcción, son de buen rendimiento para amplios márgenes de caudal (entre 30 % y 100 % del caudal máximo). Por ello se colocan pocas unidades en cada central que requiere turbinas de estas características.

Figura 33. Turbina Pelton de eje horizontal



Pueden ser instaladas con el eje en posición vertical u horizontal, siendo esta última disposición la más adecuada.

Los siguientes son los principales componentes de una turbina Pelton:

El **distribuidor** está constituido por uno o varios equipos de inyección de agua. Cada uno de dichos equipos, formado por determinados elementos

mecánicos, tiene como misión dirigir, convenientemente, un chorro de agua, cilíndrico y de sección uniforme, que se proyecta sobre el rodete, así como también, regular el caudal preciso que ha de fluir hacia dicho rodete, llegando a cortarlo totalmente cuando proceda. El número de equipos de inyección, colocados circunferencialmente alrededor de un rodete, depende de la potencia y características del grupo, según las condiciones del salto de agua. Así mismo, se puede disponer de más de un rodete en el mismo eje, cada uno de ellos dotado del distribuidor apropiado. Está constituido por la cámara de inyectores, el inyector (tobera y aguja).

El rodete es la pieza clave donde se transforma la energía hidráulica del agua, en su forma cinética, en energía mecánica o, dicho de otra manera, en trabajo según la forma de movimiento de rotación. Esencialmente consta de los siguientes elementos:

Rueda motriz: Está unida rígidamente al eje, montada en el mismo por medio de chavetas y anclajes adecuados. Su periferia está mecanizada apropiadamente para ser soporte de los denominados cangilones

Cangilones: También llamados álabes, cucharas o palas. Son piezas de bronce o de acero especial para evitar, dentro de lo posible, la corrosión y cavitación.

Están diseñados para recibir el empuje directo del chorro de agua. Su forma es similar a la de una doble cuchara, con una arista interior lo más afilada posible y situada centralmente en dirección perpendicular hacia el eje, de modo que divide al cangilón en dos partes simétricas de gran concavidad cada una, siendo sobre dicha arista donde incide el chorro de agua. En sección, el conjunto toma forma de omega abierta

La **carcasa** es la envoltura metálica que cubre los inyectores, rodete y otros elementos mecánicos de la turbina. Su misión consiste en evitar que el agua salpique al exterior cuando, después de incidir sobre los cangilones, abandona a éstos.

Dispone de un equipo de sellado, en las zonas de salida del eje, a fin de eliminar fugas de agua. Puede estar formado por un laberinto metálico dotado de drenajes, o bien por juntas de estanqueidad, prensaestopas, etc.

Cuando se trata de turbinas Pelton instaladas con el eje en posición vertical, la carcasa, situada horizontalmente, tiene convenientemente distribuidos en su periferia unos conductos de paso de aire para aireación del rodete, lográndose, alrededor del mismo, el adecuado equilibrio de presiones. En el caso de turbinas con el eje horizontal, la aireación se efectúa desde la cámara de descarga.

La **cámara de descarga** es la zona por donde cae el agua libremente hacia el desagüe, después de haber movido al rodete. También se conoce como

Tubería de descarga. Para evitar deterioros debidos a la acción de los chorros de agua, especialmente de los originados por la intervención del deflector, se suele disponer, en el fondo de la cámara de descarga, de un colchón de agua de 2 a 3 m de espesor. Con el mismo fin, se instalan blindajes o placas, situadas adecuadamente, que protegen la obra de hormigón.

Descripción del equipo. El módulo demuestra las características de una turbina radial (Francis) y una turbina de impulso (Pelton), ofrece a los

estudiantes una comprensión de la operación de turbinas y su desempeño. Las turbinas pueden estar conectadas a la vez al Dinamómetro y el Controlador, esto provee una forma económica para **comparar el comportamiento de las dos turbinas.**

Una bomba centrífuga con velocidad variable provee agua a las turbinas, después de fluir a través de las turbinas, el agua es enviada al tanque para su recirculación. Las válvulas de control se usan para regular el flujo. Los medidores de presión Bourdon y los transductores de presión miden a la entrada y a la salida de las turbinas. Un flujómetro en la descarga de la bomba muestra la tasa de flujo y el flujo total acumulado. Para posibilitar un rango amplio de pruebas, la turbina Francis tiene un difusor de guías regulables y la rueda Pelton tiene una boquilla de área variable. El Dinamómetro y el Controlador proveen un display para mostrar la velocidad y el torque. Una interfaz de computadora y un software posibilita la adquisición de los parámetros de la turbina usando una computadora. Usando el software, los estudiantes pueden mostrar los datos como instrumentos virtuales o pueden exportar estos a programas con hoja de cálculo para producir gráficas.

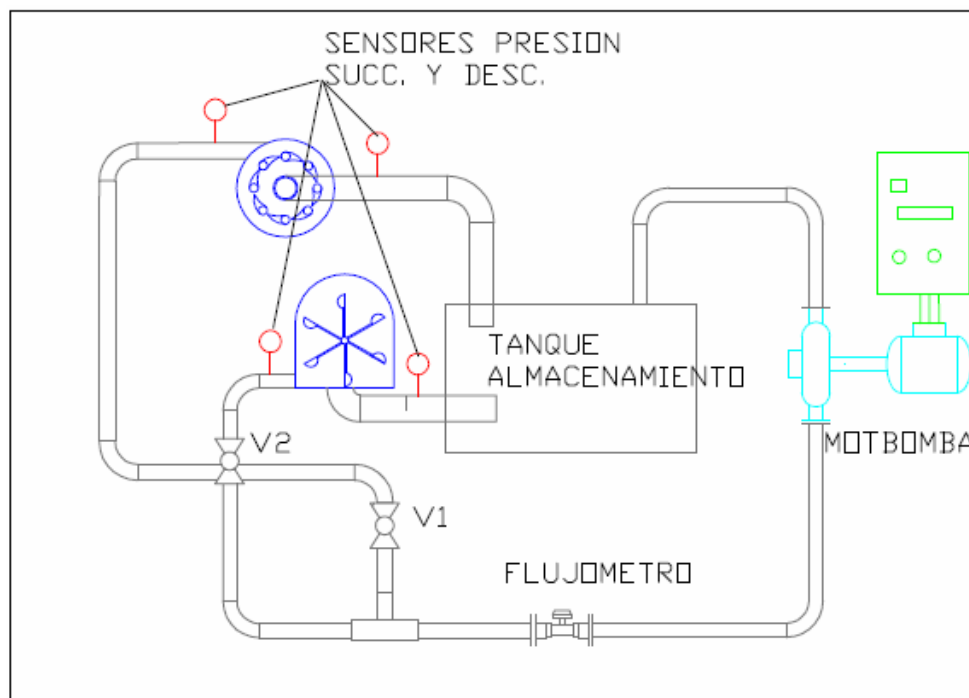
El equipo permite la realización de pruebas para determinar el desempeño de las turbinas a flujo constante y a velocidad constante. También pueden realizar pruebas para determinar la velocidad específica de la turbina.

Procedimiento:

1. Asegúrese de conectar el equipo al Dinamómetro y controlador, y este a su vez al computador.

2. Conectar el equipo a la toma de corriente y encender el interruptor principal.
3. En el computador, de inicio al software de adquisición de datos.
4. Para la turbina pelton, fije una posición de la boquilla y así mismo un caudal fijo para la prueba.
5. Realice la prueba para diferentes condiciones de carga. Para variar las condiciones de carga, gire la perilla del dinamómetro, así obtendrá diferentes valores para la potencia de salida. (variación de las rpm)

Figura 34. Diagrama Banco de turbinas Francis y Pelton



6. Para cada carga prefijada, adquirir los datos de velocidad de rotación, presión de entrada a la turbina, torque).
7. Una vez obtenidos los datos, procedemos a exportarlos a Excel desde el menú principal del software y graficamos.

8. Curva de Caudal Vs. RPM
9. Proceda a encender el equipo
10. Fije un caudal inicial de prueba máximo.
11. Inicie la regulación del caudal variando la velocidad de rotación de la bomba
12. Para cada caudal diferente ordene al programa tomar los datos de caudal, presión a la entrada de la turbina, RPM y torque.
13. Realice el procedimiento anterior para diferentes posiciones de la boquilla en el caso de la turbina pelton y del distribuidor en el caso de la turbina Francis.
14. Grafique los resultados.

Análisis de datos y resultados. Gracias a la unidad de dinamómetro regenerativo y al software de adquisición de datos, el estudiante podrá obtener en tiempo real las curvas de desempeño de las turbinas y compararlas.

Deberá obtener las siguientes curvas:

1. Desempeño de la turbina pelton. Con condiciones de suministro constante, variar la potencia de salida con el dinamómetro y calcular la eficiencia. Deben comparar los resultados con la ecuación de fuerza-momento.
2. Desempeño de la turbina Francis. Igual que el anterior. Comparar los resultados de las dos turbinas.
3. Curvas de desempeño a velocidad constante. Alterando el suministro de agua a la turbina y observando como la potencia generada cambia.
4. Velocidades específicas de las turbinas

3.7.6 Banco de Turbina de Hélice

Objetivos:

- Conocer el principio de funcionamiento de una turbina de hélice (kaplan) y los parámetros que rigen su desempeño.
- Comprender como se realiza la transferencia de energía en este tipo de turbina

Marco Teórico. Al igual que las turbinas Francis, las de tipo Kaplan, son turbinas de admisión total, incluidas así mismo en la clasificación de turbinas de reacción. Las características constructivas y de funcionamiento, son muy similares entre ambos tipos.

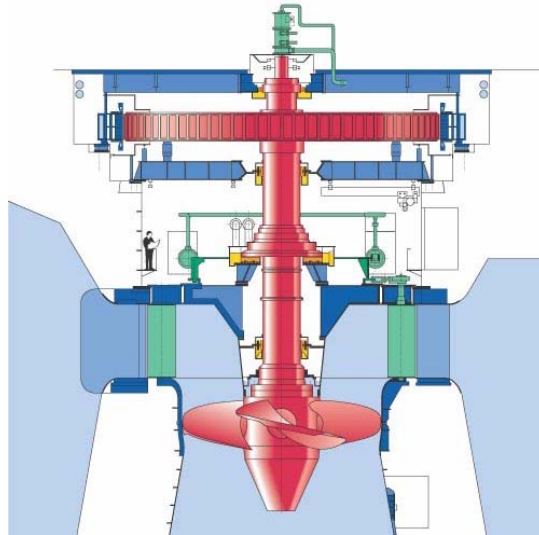
Se emplean en saltos de pequeña altura (alrededor de 50 m. y menores), con caudales medios y grandes (aproximadamente de 15 m³/s en adelante).

Debido a su singular diseño, permiten desarrollar elevadas velocidades específicas, obteniéndose buenos rendimientos, incluso dentro de extensos límites de variación de caudal. A igualdad de potencia, las turbinas Kaplan son menos voluminosas que las turbinas Francis.

Normalmente se instalan con el eje en posición vertical, si bien se prestan para ser colocadas de forma horizontal o inclinada

La principal diferencia de éstas con las turbinas Francis es el rodete. Este se asemeja a la hélice de un barco, al estar formado por un numero determinado de palas, de 2 a 4 para saltos de pequeña altura y de 5 e 9 cuando los saltos son mayores, dentro del campo de aplicación de las turbinas Kaplan.

Figura 35. Turbina Kaplan



Si las palas mencionadas mantienen una inclinación fija, por estar rígidamente unidas al núcleo del rodete, formando pieza única en un mismo bloque, por fundición, soldadura o acoplamiento mecánico, la turbina recibe el nombre de **turbina de hélice**, cuya instalación es recomendable en centrales que funcionan con salto y caudal casi constante y las cargas no sufren grandes variaciones. Se recurre al procedimiento de acoplamiento mecánico, cuando las palas han de colocarse con la inclinación correcta en función de las pruebas hidráulicas que se realicen durante el montaje, o por preverse su posible adaptación a nuevas condiciones de salto, caudales, etc.

Solamente se denominan turbinas Kaplan, cuando todas y cada una de las palas del rodete están dotadas de libertad de movimiento, pudiendo orientarse, dentro de ciertos límites, girando al unísono y uniformemente sobre sus asientos respectivos situados en el núcleo, llamado también cubo del rodete, según ejes radiales del eje de turbina, adoptando posiciones de

mayor o menor inclinación respecto a este último, según órdenes recibidas del regulador de velocidad.

Tanto los rodetes de hélice como los Kaplan, se construyen a base de aleaciones especiales, tendiéndose, en la actualidad, al empleo del acero inoxidable, pues si bien su precio inicial puede ser elevado, queda amortizado, a lo largo del tiempo, al disminuir las reparaciones del deterioro ocasionado por los efectos nocivos ya mencionados de cavitación. etc.

No olvidemos que, para la reparación de una máquina, además del costo de materiales y equipos a utilizar, horas / hombre, etc., han de tenerse en cuenta las horas que habrá de estar parada, lo que repercute en el rendimiento económico del conjunto de la instalación.

Por tales consideraciones, para la mayoría de los rodetes de cualquier tipo, hoy día se usa el acero inoxidable, aleación formada por hierro, cromo, níquel y carbono como principales componentes y, en menor porcentaje, silicio molibdeno, cobre, tungsteno (volframio) y otros.

Las turbinas Kaplan se conocen también como **turbinas de doble regulación**, por intervenir el proceso, al unísono, tanto sobre las palas del distribuidor, como sobre las del rodete, en base a una correspondencia o **ley de conjugación** entre posiciones de palas del rodete respecto de las del distribuidor, dependiendo de las condiciones de carga y del salto existente. Con este procedimiento se consiguen elevados rendimientos, incluso para cargas bajas y variables, así como en el caso de fluctuaciones importantes del caudal.

Las palas directrices del distribuidor, se gobiernan de forma análoga a como se realiza en las turbinas Francis. En algunos tipos muy avanzados de

turbinas Kaplan, se ha llegado a prescindir del distribuidor, actuando la regulación solamente sobre las palas del rodete.

Para lograr el control adecuado de las palas del rodete, tanto el núcleo de éste, como el eje de turbina, permiten alojar y pasar respectivamente por su interior los distintos dispositivos mecánicos, tales como servomotores, palancas, bielas, etc., destinados a dicho fin.

Se distinguen tres sistemas de gobierno de las palas del rodete, dependiendo de la situación del servomotor de accionamiento de las mismas sobre distintas zonas del eje del grupo. Así tenemos

Servomotor en cabeza. El servomotor está instalado en el extremo superior del eje, en la zona del alternador.

Servomotor intermedio. En este caso está situado en la zona de acoplamiento de los ejes de la turbina y del alternador.

Servomotor en núcleo. Está alojado en el propio núcleo del rodete.

Modernamente se tiende al empleo de este sistema, con el cual se reducen las dimensiones y el número de determinados elementos mecánicos que, en otros sistemas, realizan la interconexión entre el servomotor y los ejes de las palas del rodete.

En el segundo y tercer sistema, los enlaces de aceite, entre regulador y servomotor, se realizan mediante conductos concéntricos dispuestos en el interior del eje del grupo.

Existen turbinas en las que, las palas del rodete, se pueden orientar con mecanismos accionados por motor eléctrico y reductor de velocidad, colocados en el interior del eje. En la periferia de éste, se llevan a efecto las conexiones eléctricas, situando convenientemente anillos colectores y escobillas.

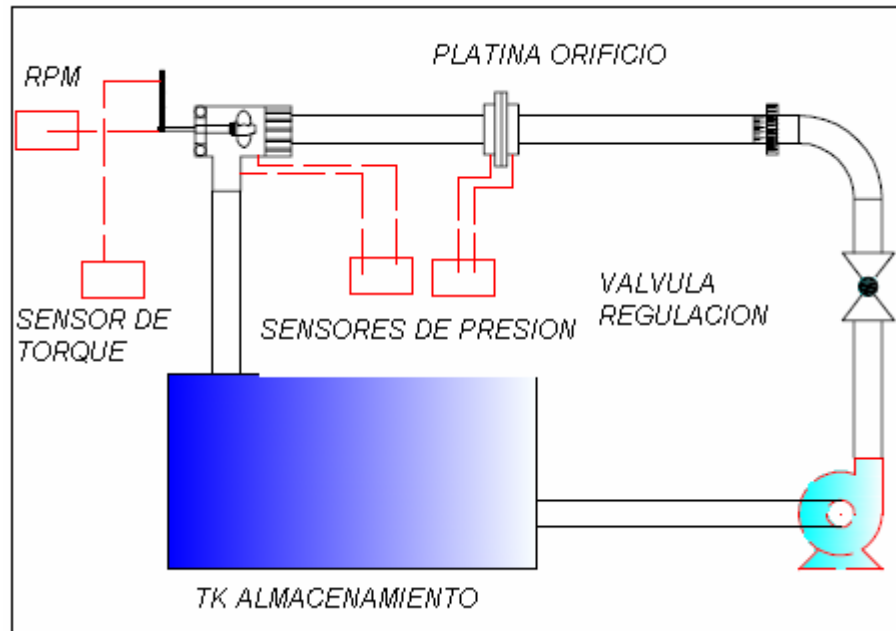
En los rodetes Kaplan, el interior del núcleo está lleno de aceite, a fin de producir la estanqueidad necesaria que evite el paso de agua, a través de los ejes de las palas.

Tanto en el caso de turbinas de hélice como Kaplan, las palas del rodete están situadas a un nivel más bajo que el distribuidor, de modo que la corriente de agua que fluye por éste, incide sobre dichas palas en su parte posterior, en dirección paralela al eje de la turbina.

Descripción del equipo. Debido a sus requisitos operativos La unidad de demostración de Turbina de Hélice es suministrada con su propia unidad de servicio: un tanque, una bomba de recirculación y la tubería.

La turbina consiste de un rotor de bronce de 50mm diámetro y un estator teniendo el mismo perfil del rotor con ángulos de la entrada y de salida, nominales, de 90 grados y 30 grados respectivamente. El rotor es montado sobre un eje de acero inoxidable. El rodamiento de la entrada es lubricado con agua mientras que el de la salida es sellado. La carcasa de la turbina es fabricada en PVC con una sección transparente alrededor del estator.

Figura 36. Diagrama banco Turbina de hélice



La bomba centrífuga de servicio genera una cabeza de 14.3 m a un flujo de 4.4 litros/s. Esta bomba succiona del tanque, por la tubería de entrada que contiene una platina orificio usada para la medida del flujo. La salida desde la bomba incluye una válvula para ajustar el flujo hacia la turbina. Cuatro sensores de medida son incluidos:

- La presión a través de la platina orificio (para medir el flujo)
- La caída de presión a través de la turbina.
- La velocidad de la turbina
- La tensión de la correa del tambor de freno

Permite realizar mediciones del comportamiento de la turbina en función de: torque, potencia al freno y eficiencia versus velocidad de rotación.

Introducción a la velocidad específica como criterio de comparación.

Comparación de los cálculos de los estudiantes con los resultados por computador

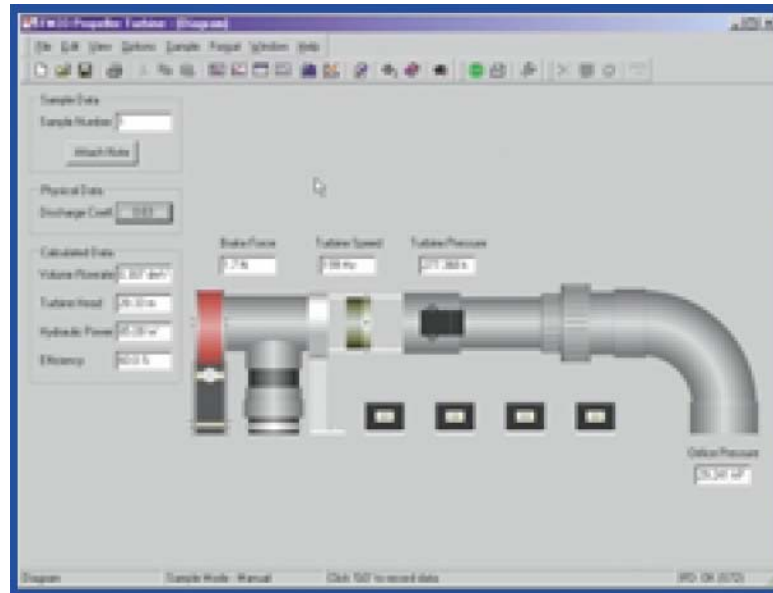
Procedimiento:

1. Verificar que el tanque de almacenamiento tenga el nivel adecuado
2. Realizar la conexión para transmisión de datos. (conecte los cables en el equipo a la interfaz IFD6 y esta al computador.
3. Encienda el computador y la interfase
4. Cargue el software de adquisición de datos seleccionando la opción Iniciar del menú.
5. Se desplegará la ventana principal donde encontrará los componentes de la instalación. (ver figura 37)
6. Habilite la opción para adquisición de datos
7. Verifique que la válvula de descarga de la bomba se encuentra cerrada.
8. Encienda la bomba y proceda a abrir lentamente la válvula de descarga hasta que la turbina alcance el régimen de velocidad esperado.
9. Ahora varíe la posición de los alabes guía para dar diferentes velocidades de rotación a la turbina.
10. Repita el procedimiento para diferentes velocidades de rotación.
11. Apague la bomba.

Análisis e interpretación de datos. Con la ayuda del software calcule la eficiencia hidráulica de la turbina y realice la grafica de eficiencia hidráulica Vs. rpm.

Grafique la velocidad contra el caudal.

Figura 37. Pantalla principal software de adquisición de datos



3.7.7 Banco de visualización

Objetivo:

- Permitir al estudiante conocer los diferentes componentes de bombas y válvulas
- Permitir al estudiante conocer los principales dispositivos de sellado industrial
- Permitir al estudiante conocer lo tipos principales de tubería usados en el transporte de fluidos.

Marco teórico:

Empaquetaduras: es la forma más antigua y más utilizada de controlar fugas en ejes, válvulas y partes funcionales en equipos que deben retener líquidos o gases.

Crean un sello reduciendo o bloqueando completamente el espacio que queda entre el eje (vástago) y la caja del prensa estopa.

Consta generalmente de un número de anillos que son instalados entre el espacio que deja la caja prensa estopa y el elemento dinámico (eje o vástago)

Al ajustar el prensa estopa o gland se crea una fuerza axial sobre todos los anillos que se expande radialmente contra las paredes de la caja prensa estopa y el eje generando el sellado deseado. Se da el Control de Fuga deseado o Fuga Controlada ("Cero" Fuga). Se da el Control de las Emisiones o emisión Controlada ("Cero" Emisión).

Las empaquetaduras están diseñadas para soportar diferentes tipos de movimientos a saber : Rotativo, Reciprocante, Helicoidal y Rotativo-Radial.

Por otro lado, los sellos mecánicos constan principalmente de dos superficies muy pulimentadas, extendidas contiguas, una conectada al árbol (anillo primario) y, la otra, a la parte estacionaria de la bomba (anillo correlativo). Estas superficies están perpendiculares con el eje, se mantienen en contacto con un resorte y la holgura axial entre ellas la proporciona una película fina de líquido.

Los sellos mecánicos se clasifican por:

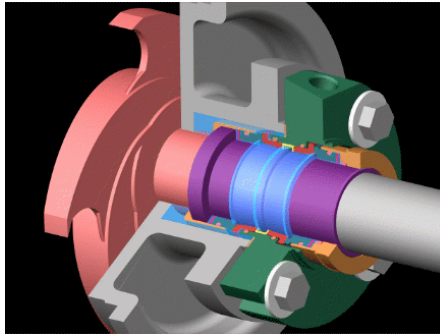
* Su arreglo posicional:

- Sellos mecánicos sencillos
- Sello mecánicos múltiples

* Por características de diseño

- Sello mecánico balanceado
- Sello mecánico no balanceado

Figura 38. Sello mecánico



Descripción del equipo a utilizar:

Tipos de sellos y empaquetaduras

Diferentes tipos de tubería

Diferentes cortes de bombas y partes de éstas

Diferentes cortes de válvulas

Catálogos de selección de tuberías

Catálogos de selección de válvulas

Catálogos de selección de empaques y sellos

Procedimiento: el auxiliar procederá a realizar una breve descripción de los elementos del banco, su clasificación, partes, funcionamiento y campos de aplicación y principios básicos de selección.

3.7.8 Banco de caracterización de ventiladores

Objetivo: mostrar el comportamiento de los parámetros de operación de un ventilador centrífugo, a diferentes condiciones, para las siguientes configuraciones de impulsor: 90° , mayor de 90° y menor de 90° .

Teoría. Los ventiladores son máquinas destinadas a producir un incremento de presión total Δ_{ptotal} pequeño; convencionalmente se fija el límite de Δ_{ptotal} para ventiladores en 1 m.c.a., o una relación de compresión, $\varepsilon_c = 1,1$.

Si el incremento de presión no excede el valor indicado, la variación del volumen específico del gas a través de la máquina se puede despreciar en el cálculo de la misma, por lo que el ventilador se comporta como una turbomáquina hidráulica. En la actualidad, en el diseño se tiene en cuenta la compresibilidad para incrementos de presión mucho menores, hasta 0,3 m.c.a., por lo que los ventiladores, hasta dicho incremento de presión, se pueden diseñar y considerar como una turbomáquina hidráulica.

Los soplantes o turbosoplantes son máquinas destinadas a comprimir gases en donde la relación de compresión está comprendida en el intervalo, $1,1 < \varepsilon_c < 3$; no tienen refrigeración incorporada y en general son de un sólo escalonamiento.

En los recuperadores de los altos hornos, por ejemplo, la soplante tiene que impulsar aire a una presión equivalente a la resistencia de la conducción, más la resistencia de las toberas de inyección al interior del horno, con una relación de compresión del orden de $\varepsilon_c = 3$, utilizándose en estas circunstancias soplantes de varios escalonamientos, en los que el aire no se refrigera, ya que posteriormente hay que precalentarlo.

Una clasificación orientativa de las turbosoplantes es,

soplantes de BP....., $\varepsilon_c = 1,1$ a $1,5$

soplantes de MP....., $\varepsilon_c = 1,5$ a $2,5$

soplantes de AP....., $\varepsilon_c = 2,5$ a 4 .

El número de revoluciones de las turbosoplantes varía de 3.000 a 21.000 rpm.

El ventilador es una bomba rotodinámica de gas que sirve para transportar gases, absorbiendo energía mecánica en el eje y devolviéndola al gas; se distingue del turbocompresor en que las variaciones de presión en el interior del ventilador son tan pequeñas, que el gas se puede considerar prácticamente incompresible.

De todo esto se deduce que las fórmulas relativas al diseño y funcionamiento de las bombas centrífugas son de aplicación a los ventiladores, excepto aquellas que por su naturaleza sean propias de las bombas.

Clasificación de los Ventiladores

Los ventiladores que se emplean comúnmente se pueden dividir en tres tipos generales, de hélice, axiales y centrífugos. Los ventiladores se pueden disponer con variedad de posiciones de descarga y con rotación del impulsor, ya sea en el sentido de las agujas del reloj o viceversa. Salvo raras excepciones, se pueden proporcionar para acoplamiento directo o para bandas V.

Ventilador de hélice. Este ventilador consiste en una hélice dentro de un anillo o marco de montaje. La dirección de la corriente de aire es paralela a la flecha del ventilador. Se emplea para trasladar aire de un lugar a otro, o hacia el ambiente exterior, o para introducir aire fresco.

Puede manejar grandes volúmenes de aire a una presión estática baja, raramente a presiones estáticas mayores de 25 mm de c.a. Se fabrica en muchos estilos y tipos para trabajos específicos.

Los ventiladores de extracción (extractores) de uso normal, pueden tener desde 2 hasta 16 aspas, dependiendo ello del funcionamiento particular del ventilador.

Generalmente las unidades de poco número de aspas se usan en ventiladores de baja presión y los que cuentan con un número mayor de aspas se emplean en aquellas aplicaciones que requieren presión.

El ancho de las aspas, su ángulo, su velocidad axial y número de etapas, son factores todos que intervienen en el diseño y la capacidad.

Ventilador axial. El ventilador axial es de diseño aerodinámico; los coeficientes de presión y oscilan entre, 0,05 y 0,6, pudiendo llegar en algunos diseños hasta 1. Este tipo de ventilador consiste esencialmente en una hélice encerrada en una envolvente cilíndrica. La adición de álabes-guía, detrás del rotor lo convierten en un ventilador axial con aletas guía, ventilador tubo-axial.

Puede funcionar en un amplio rango de volúmenes de aire, a presiones estáticas que van de bajas a medias y es capaz de desarrollar mayores presiones estáticas que el ventilador tubo-axial y ser más eficiente; los álabes-guía, en la succión o en la descarga, o en ambas partes, se han añadido para enderezar el flujo del aire fuera de la unidad.

Ventilador centrífugo. El ventilador centrífugo consiste en un rotor encerrado en una envolvente de forma espiral; el aire, que entra a través del ojo del rotor paralelo a la flecha del ventilador, es succionado por el rotor y arrojado contra la envolvente se descarga por la salida en ángulo recto a la flecha; puede ser de entrada sencilla o de entrada doble.

En un ventilador de entrada doble, el aire entra por ambos lados de la envolvente succionado por un rotor doble o por dos rotores sencillos montados lado a lado. Los rotores se fabrican en una gran variedad de diseños, pudiéndose clasificar, en general, en aquellos cuyas aspas son radiales, o inclinadas hacia adelante, o inclinadas hacia atrás del sentido de la rotación.

Procedimiento:

1. Encienda la unidad
2. Cierre la válvula de descarga
3. Ajuste la velocidad de rotación del ventilador a la deseada para la prueba
4. Mida la presión en la succión del ventilador y en la descarga para esa posición de la válvula.
5. Mida la presión en boquilla de entrada
6. Tome la lectura de fuerza en el dinamómetro.
7. Varíe la posición de la válvula de descarga.
8. Repita los puntos 2 al 4 para diferentes posiciones de la válvula hasta que se encuentre totalmente abierta.
9. Repita el procedimiento para diferentes impulsores: alabes rectos, curvados hacia atrás y hacia delante.
10. Realice el procedimiento anterior para diferentes velocidades de rotación

Análisis e interpretación de datos. Para cada posición de la válvula calcule el Δp con la presión de succión y descarga.

Para cada posición de la válvula calcule el flujo a través de la boquilla con la presión en la entrada de la boquilla y la presión de succión.

Calcule la potencia hidráulica para cada posición de la válvula

Calcule la potencia al freno para cada posición de la válvula.

3.7.9 Viscosímetro Rotativo

Figura 39. Viscosímetro Rotativo



Este equipo está diseñado para estudiar el comportamiento de la viscosidad de un fluido, al variar su temperatura. Utiliza el método giratorio de cilindro concéntrico para medir la viscosidad.

Objetivos:

- Utilizar el método del viscosímetro rotativo para medición de viscosidad.
- Analizar el comportamiento de la viscosidad ante la variación de la temperatura.

Descripción del Equipo. El viscosímetro rotativo esta compuesto por un sistema calefactor que utiliza resistencias para elevar la temperatura del fluido. El control de la temperatura a lo largo de la prueba esta a cargo del sistema de recirculación y refrigeración. La muestra es contenida en un vaso especial que esta montado de manera especial sobre un soporte en la

estructura del equipo que siempre lo mantiene vertical. El equipo cuenta con un panel de control que indica que elementos se encuentran energizados y permite identificar el estado de los fusibles. Para la adquisición de datos este equipo cuenta con una tarjeta de interface que comunica los fenómenos físicos involucrados en la prueba con un software desarrollado en un computador.

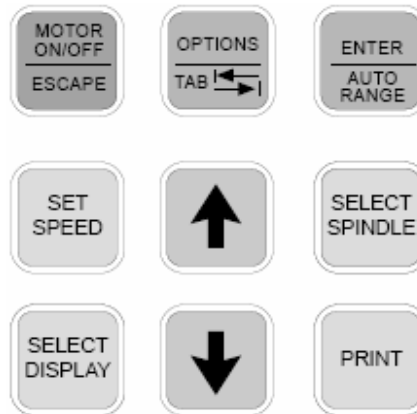
Figura 40. Montaje del viscosímetro en Laboratorio



El viscosímetro permite la selección de 54 velocidades diferentes para la medición de un amplio rango de viscosidades, y permite grabar programas definidos a través el Software DV Loader. El control automático del equipo se realiza a través del software Rheocalc y la adquisición de datos a través del software Wingather.

Incluye un juego de 6 agujas las cuales permiten un rango de medición de viscosidades desde 200 centipoises hasta 80 millones de centiposises. Su velocidad de rotación varía entre 0.01 y 200 RPM con 54 incrementos de velocidad.

Figura 41. Panel de control del viscosímetro



La tecla de flecha hacia arriba y hacia abajo permiten incrementar o disminuir valores de velocidad, agujas y opciones de los diferentes menús.

La tecla MOTOR/ON/OFF/ESCAPE enciende y apaga el motor. Cuando se está en un menú permite salir de él.

La tecla SET SPEED permite que el viscosímetro empiece a funcionar a la velocidad seleccionada.

La tecla SELECT DISPLAY permite seleccionar qué parámetro se quiere observar en pantalla. Permite alternar entre viscosidad (cp o mPa), esfuerzo de deformación (dinas/cm² o Newtons/m²), y tasa de deformación (1/seg).

La tecla ENTER/AUTORANGE permite seleccionar la opción que actualmente está disponible en pantalla o presentar la máxima viscosidad medible (100% torque) con la guja y velocidad seleccionadas. La aguja se selecciona por medio de la tecla SELECT SPINDLE.

Cuando la impresora se encuentra conectada, es posible seleccionar la opción de imprimir los resultados con la tecla PRINT.

Finalmente, la tecla OPTIONS/TAB permite ingresar al menú de opciones y desplazarse a través de las opciones seleccionables.

Teoría. Un tanque cilíndrico A rodeado exteriormente por un fluido con temperatura constante se hace rotar a una velocidad angular constante de w radianes por segundo. Dentro del tanque A se encuentra un tanque B con un radio exterior r_1 ligeramente menor que el radio interno r_2 del tanque A. El cilindro B se encuentra separado del fondo del tanque A una **distancia s**. **Entre A y B se localiza el fluido cuya viscosidad desea medirse.**

Debido a la acción viscosa el tanque A hará que el tanque B rote con el A. Sin embargo, un resorte torsional en la parte superior del B resiste esta rotación de manera que dependiendo de w , la viscosidad μ del fluido y la configuración, el cilindro B rotará una cantidad fija que se indica mediante el dial. Este dial establece el torque T ejercido por el tanque A sobre el cilindro B.

Puede relacionarse T con μ y otros datos conocidos, suponiendo un perfil de velocidad lineal para el fluido en el lado del cilindro y en el fondo de éste. Primero se calcula el torque T_1 en los lados de B utilizando la ley de la viscosidad de Newton.

$$\begin{aligned}
 T_1 &= (\tau_{\text{corriente}})(\text{area})(r_2) \\
 &= \left[\mu \left(\frac{\delta V_r}{\delta r} \right)_B \right] [(2\pi r_1)(h)] r_1 \\
 &= \mu \left(\frac{\omega r_1 - 0}{r_2 - r_1} \right) [(2\pi r_1)(h)] r_1 \\
 &= \frac{2\mu\pi r_1^3 \omega h}{r_2 - r_1}
 \end{aligned}$$

Integrando en la superficie inferior se obtiene:

$$T_2 = \int_0^{2\pi} \int_0^{r_1} \frac{\mu\omega}{\varepsilon} r^3 \delta r \delta\theta = \frac{\mu\omega r_1^4}{4\varepsilon} 2\pi$$

El torque total registrado por la aguja del dial es, por consiguiente:

$$T = T_1 + T_2 = 2\mu\pi\omega r_1^3 \left(\frac{h}{r_2 - r_1} + \frac{r_1}{4\varepsilon} \right)$$

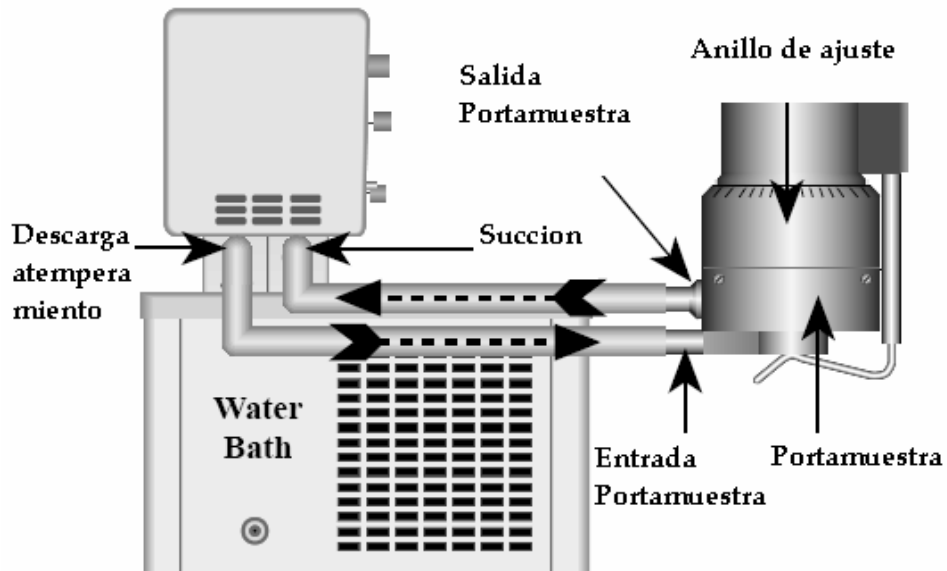
Denotando $r_2 - r_1$ como α se obtiene el resultado siguiente después de despejar μ :

$$\mu = \frac{T}{2\pi\omega r_1^3 \left(\frac{h}{\alpha} + \frac{r_1}{4\varepsilon} \right)}$$

Procedimiento:

1. Antes de iniciar cualquier lectura, el viscosímetro debe pasar por la opción de Autocero. Para ello encienda el viscosímetro y espere un tiempo hasta que en la pantalla le indique remover cualquier aguja y presionar una tecla.
2. Después de esto el viscosímetro le indicará que se encuentra en la función autocero.
3. Introduzca la muestra del fluido en el vaso contenedor por medio del nivel de llenado
4. Espere un momento mientras el vaso contenedor de muestra se llena correctamente hasta que el nivel de aceite se encuentre por encima de las válvulas del sistema de llenado.
5. Verifique que no existan burbujas de aire dentro de las mangueras.
6. Encienda la bomba por medio de la perilla superior del tanque de recirculación.

Figura 42. Montaje de la unidad de atemperamiento



1. Inserte la aguja y centrela en el viscosímetro. Asegúrese de que el eje de la aguja quede sumergido hasta la profundidad indicada. Tenga cuidado de que no queden burbujas atrapadas en la superficie.
2. Espere 5 minutos para que la temperatura de la muestra sea homogénea dentro del vaso contenedor.
3. El proceso de selección de la aguja adecuada cuando se prueba un fluido desconocido es normalmente prueba y error. Una selección apropiada resultará en un porcentaje del 10 al 100% de la escala de torque del instrumento. De cualquier forma es bueno recordar dos reglas básicas: la primera es que el rango de viscosidad varía inversamente proporcional con el diámetro de la aguja, y la segunda es que el rango de viscosidad varía inversamente proporcional con la velocidad de rotación.

4. Para medir fluidos de alta viscosidad, seleccione una aguja pequeña o una velocidad de rotación baja. Si la combinación seleccionada da una lectura con un porcentaje por encima del 100% seleccione una aguja más pequeña o reduzca la velocidad de rotación.
5. Encienda el motor del viscosímetro y de un poco de tiempo para que la lectura indicada se estabilice. El tiempo de estabilización dependerá de la velocidad de rotación a la cual funciona el viscosímetro y de las características de la muestra.
6. Cuando sea completada la prueba, observe e imprima, según la conveniencia, los resultados en la gráfica y tabla de EXCEL.
7. Apague el motor de giro de la cabeza de medida y la bomba de recirculación.
8. Abra la válvula de drenaje para desocupar completamente el vaso contenedor de la muestra. Esta puede ser recogida en el mismo recipiente original de la muestra.
9. Introduzca en el vaso contenedor una muestra de disolvente, a través del nivel de llenado y manténgalo allí durante 5 minutos.
10. Encienda el motor de giro de la cabeza de medida y déjelo funcionar por diez minutos.
11. Apague el motor y proceda a desocupar por completo el disolvente contenido en el equipo.
12. Limpie completamente el equipo y ubique todos los elementos utilizados en la prueba en forma ordenada.

Tabla de datos y resultados. En la figura 44 se aprecia el modelo para la presentación de resultados de acuerdo a Brookfield.

Las siguientes son las curvas que se pueden construir con los datos medidos en el equipo viscosímetro rotativo Brookfield.

Figura 44. Curvas de flujo, Velocidad de deformación Vs. Tiempo o Esfuerzo de corte

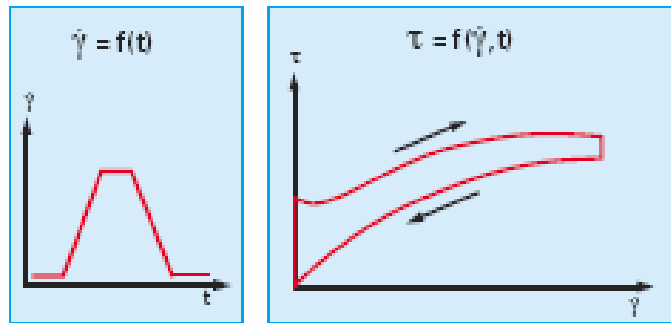


Figura 45. Curvas de deformación para determinación de esfuerzo de fluencia.

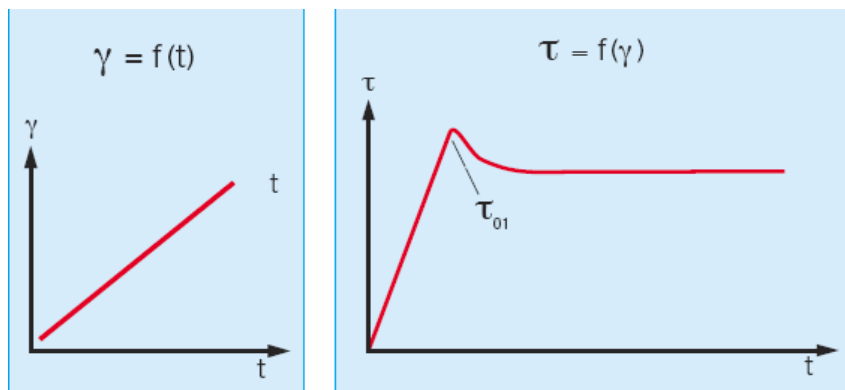


Figura 46. Curvas de índice de flujo y velocidad de deformación

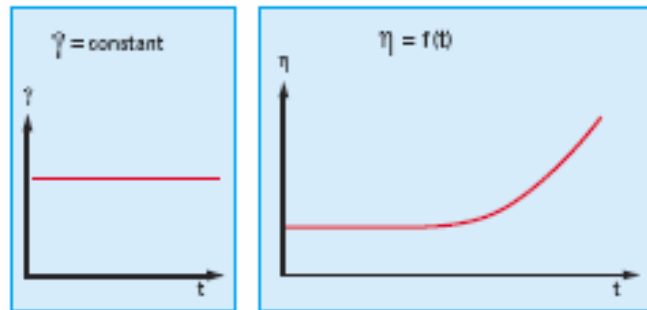
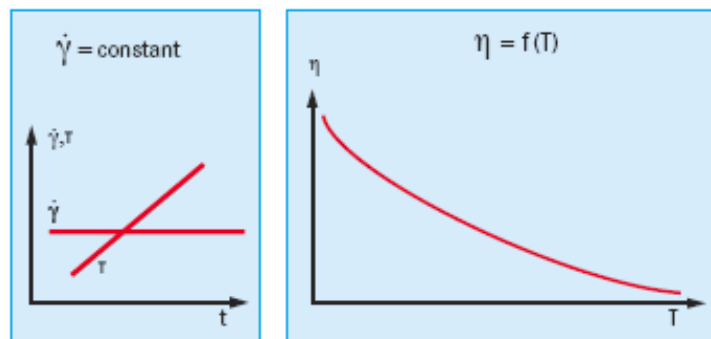


Figura 47. Curvas de índice de flujo y velocidad de deformación a diferentes temperaturas.



3.7.10 Calibración de medidores de presión usando el calibrador KERN

Teoría:

Clases de errores: existen diferentes tipos de errores en manómetros. Este se define como la diferencia entre las lecturas del medidor a probar y las presiones de prueba que se le apliquen. Las tres clases de error son de Cero, de Multiplicación y de Angularidad.

El error de cero consiste en que el medidor a probar indica el mismo error en toda la escala, bien sea por encima o por debajo del valor de la presión de prueba aplicada.

El error de multiplicación es aquel en que la lectura del medidor es correcta en cero, pero a medida que se aplican presiones mayores, el error se va haciendo mayor ya sea por encima o por debajo de la escala.

Por último, el error de angularidad se da cuando la lectura del medidor a probar es correcta en el mínimo y en el máximo, pero incorrecta en los demás valores de la escala, por encima o por debajo. En este caso, empezando con lectura correcta en cero, al aumentar gradualmente la presión de prueba, el error se va haciendo mayor más o menos hasta la mitad de la escala y de este valor en adelante se va haciendo menor hasta que la lectura es correcta en el máximo.

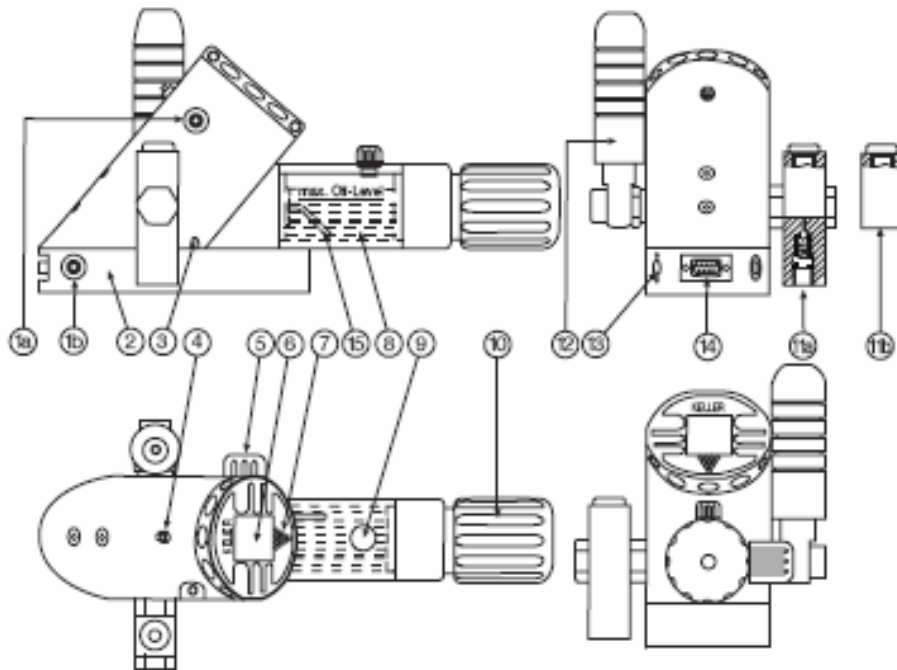
Procedimiento:

1. Encienda el calibrador presionando la tecla de función una vez (7).
2. Conecte el adaptador adecuado para la unidad de prueba. Recuerde que el equipo posee los siguientes adaptadores: $\frac{1}{2}$ " , $\frac{1}{4}$ " para calibración de manómetros, los cuales se conectan en los puertos 11 a y 11 b . Los otros adaptadores son para transmisores de 4...20 mA / 0...20 mA , 0...10 V / , 0...20 V , y para interruptores de presión. (14)
3. Realice la conexión eléctrica de la unidad de prueba, use los adaptadores adecuado y asegúrese de realizar bien las conexiones y de revisar la polaridad
4. Antes de generar presión, asegúrese de que el tornillo de nivel (9) se encuentre abierto durante la prueba para evitar sobre presiones.
5. Eleve la presión con la bomba manual hasta 10 bar. (12)

6. Eleve o disminuya la presión con el tornillo de compresión 10.
7. Para disminuir la presión a cero regrese completamente el tornillo compresor hacia atrás (10) y abra la válvula de shut off (5).
8. Jamás abra la válvula (5) cuando el sistema esté bajo alta presión y menos si el instrumento a calibrar está conectado.

Análisis e interpretación de resultados: a través de la conexión de la interfase serial RS 232 en los puertos 1 a y 1 b, y con el software de adquisición de datos se realiza la tabulación de todos los datos de la prueba. Igualmente también se realiza la presentación de gráficas y almacenamiento de datos para posterior aplicación

Figura 48. Componentes calibrador de presión



3.8 PRÁCTICAS COMPUTACIONALES

Dentro de los recursos para desarrollar diferentes metodologías de enseñanza en el campo del Transporte de Fluidos, es necesario que el laboratorio cuente con una serie de elementos que faciliten la enseñanza virtual, por ejemplo: computadores con acceso a Internet, software, proyectores, entre otros, de tal forma que se pueda ilustrar fenómenos, comportamientos y desempeño de equipos pesados y experimentos complejos que de otra forma sería imposible con los equipos disponibles. Dicho de otra forma, la combinación de metodologías de enseñanza, dentro de lo establecido por la Reforma Académica de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS, puede llegar a ser una mejor forma de transmitir y permitir, a los estudiantes, apropiarse del conocimiento.

Es por esta razón que el Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, fue concebido para que se desarrollen prácticas experimentales e impartan clases de forma tradicional y, además, se puedan desarrollar experimentos usando recursos computacionales tales como software de análisis de elementos finitos (FEA) y redes hidráulicas, tanto líquidos como gases, para así poder comprobar comportamientos físicos de los principios de mecánica de fluidos y sus aplicaciones al transporte.

La motivación principal para el desarrollo de este tipo de prácticas es darle la libertad al estudiante, para que, a través de un proceso de simulación, donde manejará un amplio número de variables, pueda identificar las condiciones del fenómeno y las variables más importantes asociadas a este y que le permita llegar al conocimiento por la vía de la experiencia real y teórica.

Como resultado del anterior proceso se estimulará al estudiante en el desarrollo de la investigación aplicada en el área de Transporte de Fluidos a través de un proceso formal de enseñanza.

Es claro que reemplazar las prácticas de laboratorio por prácticas virtuales no resulta en un mejor rendimiento académico; a pesar de esto, este tipo de ayudas visuales puede contribuir en el proceso de recordar y reconocer la información. Este tipo de ayudas resultan muy útiles en aplicaciones como la Mecánica de Fluidos y Transporte de Fluidos, donde se requieren modelos dinámicos y animación, como ayuda para la comprensión de conceptos básicos.

Como parte del proceso de identificar los recursos necesarios en la implementación de las prácticas de simulación fue necesario definir los alcances que este tendría este, para así delimitar y poder establecer su espacio dentro de la organización académica del Laboratorio.

Las temáticas para el desarrollo de las prácticas de Laboratorio, se seleccionaron como un complemento a las prácticas desarrolladas con los equipos del Laboratorio.

Las temáticas que formarán parte de las prácticas computacionales se dividieron en Practicas CFD y Prácticas de Simulación de Redes Hidráulicas, el criterio para dicha división es: las prácticas CFD estarán orientadas a la comprobación de principios básicos de la Mecánica de Fluidos y las Practicas de Simulación de Redes Hidráulicas a las aplicaciones de la Mecánica de Fluidos al Transporte. Las temáticas son las siguientes:

Practicas CFD

a Ecuación básica de la estática de fluidos, variación de la presión en un fluido estático, Fuerzas hidroestáticas sobre superficies planas y curvas sumergidas.

b Campo de velocidades, flujo unidimensional, bidimensional, flujo estable y transiente, flujo viscoso y no viscoso, flujo compresible e incompresible, flujo laminar y turbulento, flujo interno y externo, trayectorias y líneas de corriente.

c Flujo laminar entre placas infinitas o de Couette; flujo laminar en una tubería o de Poiseuille; flujo sobre un plano inclinado; lubricación.

Practicas de Simulación de Redes Hidráulicas (SRH)

a Cálculo de pérdidas: pérdidas mayores, pérdidas menores, ductos circulares; solución de problemas de flujo en tuberías: como seleccionar el diámetro de una tubería, tuberías con bombas y turbinas, tuberías en serie y en paralelo. Bombas en serie y paralelo, tanques etc.

3.8.1 Metodología. Dentro del Laboratorio se realizarán experimentos simples demostrativos con el fin de dar una guía y así motivar al estudiante, y a través de trabajos para la casa el estudiante tendrá la oportunidad de descubrir por si mismos la explicación detrás de la fenomenología que ha sido expuesta. Y si es el caso, con el conocimiento de cursos previos y experiencias personales, el estudiante estará en capacidad de formular hipótesis sobre el experimento llevado a cabo, planteará nuevas ideas alternativas, soluciones o explicaciones, podría incluir variables en la solución del modelo que hallan sido simplificadas o no tomadas en cuenta.

La discusión del problema y el planteamiento de posibles métodos de solución le permitirán al estudiante desarrollar las siguientes competencias:

1. Interpretación: El estudiante podrá interpretar el alcance de un problema.
2. Proposición: El estudiante puede proponer soluciones dentro de un marco de referencia establecido por las condiciones del problema.
3. Argumentación: El estudiante justifica su punto de vista frente a los integrantes del laboratorio.
4. Liderar: El estudiante intenta solucionar por sí mismo o conformando grupos de trabajo.
5. Trabajo en Grupo: El estudiante dentro de un grupo de trabajo aprende a aportar desde su propio conocimiento y el trabajo con su equipo para dar solución a la situación problema propuesta.

Para el final de la clase el estudiante no sólo tendrá los fundamentos explicados por el profesor, en la asignatura, si no también los propios, conjuntamente llevados a la práctica. En este punto, el estudiante estará en capacidad de discutir y replantear sus hipótesis previas, antes de lanzar una explicación del fenómeno físico expuesto.

Cada grupo de estudiantes es diferente semestre tras semestre y la experimentación deberá ser diferente en razón de darle dinamismo a la clase.

3.8.2 Software. En diversos campos de la ingeniería el cuestionamiento y apropiación del conocimiento es muy difícil cuando se basa exclusivamente en datos textuales o numéricos. Muchos conceptos son difíciles de asimilar o

son muy complejos de explicar en palabras, razón por la cual las gráficas y los esquemas son tan utilizados. La representación visual por lo tanto facilita la investigación y hace que el aprendizaje sea más fácil. Desarrollos tecnológicos recientes en Software y Hardware proveen al usuario con numerosas posibilidades para la representación visual de objetos e información.

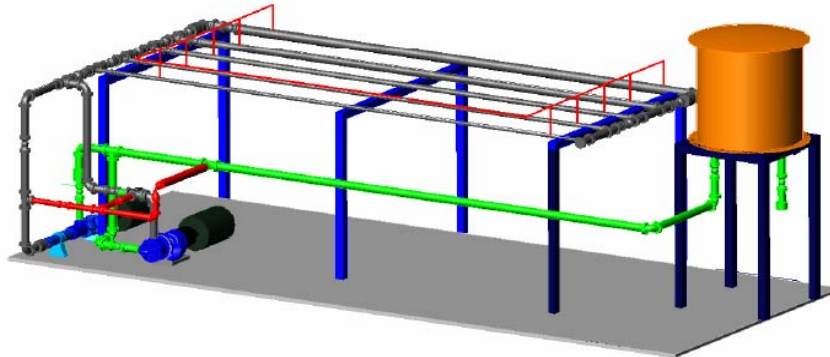
Algunos elementos únicos involucrados en los ambientes virtuales se espera puedan estimular el proceso de aprendizaje. Estos elementos incluyen, color, una representación conceptual de la información, una interfase gráfica flexible que permite la variación del punto de observación así como la posibilidad de inmersión dentro del ambiente. Por lo tanto, la inclusión de este tipo de tecnologías dentro del Laboratorio se espera sea benéfica para la enseñanza y el aprendizaje.

Los software recomendados para formar parte del Laboratorio son los siguientes:

- ANSYS FLOTRAN, es una herramienta de análisis de elementos finitos, forma parte del el paquete Ansys Educacional.
- EPANET, Herramienta útil en la simulación de redes de distribución y acueductos, tiene como limitación que solo se puede usar en casos de transporte de agua.
- PSIM, software para la simulación de sistemas de bombeo y estimación del costo del ciclo de vida.
- SAHIGAS, Herramienta útil para la formación en el área de diseño de redes de transporte y distribución de gas, al igual que en la determinación de las principales propiedades de las mezclas de hidrocarburos gaseosos de utilización más generalizada

4. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICO

Figura 49. Banco de pruebas Fluidodinamicas



4.1 INTRODUCCIÓN

El banco de pruebas Fluidodinámicas es una herramienta diseñada para el estudio e investigación de transporte de fluidos Newtonianos y no Newtonianos permitiendo el modelamiento a escala de situaciones de transporte real. Para fluidos Newtonianos el escalamiento se realiza de manera sencilla igualando los números de Reynolds y así cumplir con la semejanza dinámica; por otra parte, para fluidos no newtonianos el caso es un poco más complejo y para ellos se presenta el método de escalamiento de Bowen, el cual se describe en los anexos. Para conseguir la variedad de condiciones de flujo se estableció un conjunto de 5 líneas de prueba; las cuales junto con la variación de velocidad de las bombas y el tipo de bomba permiten el manejo de fluidos de hasta 250000 SSU.

4.1.1 Delimitación del espacio disponible. Este banco de pruebas será ubicado en el primer nivel de la sala 2 del laboratorio de sistemas de

transporte y aprovechamiento de fluidos. Esta sala es un área de 16.5 metros de largo por 5 metros de ancho. Se encuentra actualmente en desuso por lo que existe suficiente espacio para la implementación del banco de pruebas.

4.1.2 Descripción general del banco de pruebas. El banco de pruebas fluidodinámicas consta de tres partes fundamentales; el sistema de bombeo, el sistema de líneas de modelamiento y el sistema de retorno a tanque. En general cada uno de los sistemas cuenta con la instrumentación requerida para determinar los parámetros de operación más importantes.

4.1.3 Diseño y selección del sistema de bombeo. Como el objetivo principal del banco es el modelamiento a escala del transporte de fluidos de alta viscosidad y fluidos no newtonianos, el equipo de bombeo debe responder a las propiedades de estos fluidos. Es así como las unidades de bombeo deben permitir manejar fluidos altamente viscosos, con tamaños de partículas de hasta 0.5" de diámetro además de fluidos comunes. La capacidad requerida se determinó en 25 gpm para delimitar el tamaño de la unidad de bombeo y del banco en general.

Selección de bomba Moyno para el banco de pruebas fluidodinámicas:

Figura 50. Bomba Moyno



Datos de la aplicación: la temperatura de operación estará entre la temperatura ambiente y 50 grados centígrados aproximadamente. Como la

filosofía del banco es la de convertirse en un banco de pruebas para diferentes fluidos, el modelo de bomba seleccionado determinará que fluidos se permitirán utilizar dependiendo de su viscosidad, grado de abrasión, grado de acidez, tamaño de partículas sólidas, % de sólidos en suspensión y temperatura.

Dentro de las condiciones de servicio se especifica que la bomba debe manejar un caudal de 20 a 25 gpm y que las presiones no sobrepasen los 100 psi, el diseño permite una succión positiva por lo que se liberan problemas por cavitación al suministrar suficiente NPSH a la bomba. La presión de descarga estará dada por las pérdidas asociadas a la red de tuberías del banco de pruebas. El servicio del banco será intermitente y no existen exigencias de materiales de construcción.

Determinación la serie básica de bomba: la serie básica de la bomba determina la configuración dependiendo de la aplicación. Esta selección determina el número de etapas, capacidades y materiales de fabricación disponibles. Las series disponibles de Moyno son las siguientes:

Serie 2000

Serie 1000

Serie 500

Serie sanitaria

Serie L

La serie 2000 ofrece equipos que manejan caudales de hasta 300 m³/hr (1320 gpm) y presiones hasta 30 bar (435 psi). Poseen alta resistencia a la abrasión y capacidad de succión de hasta 28 pies.

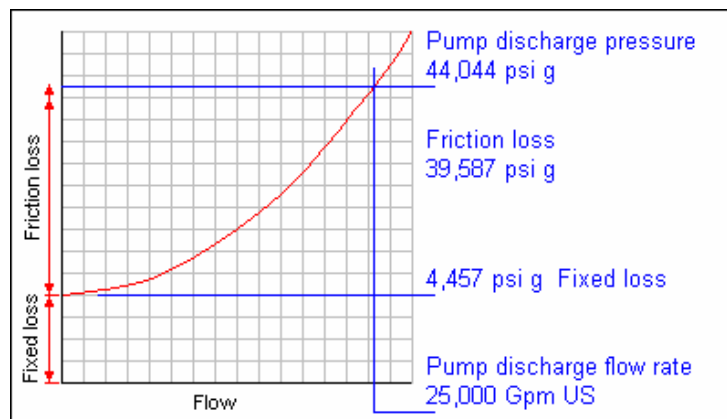
La serie 1000 permite el manejo de caudales de hasta 350 gpm y presiones hasta 350 psi junto con alta resistencia a la abrasión. Pueden manejar sólidos de hasta 3 cm. de diámetro.

La serie 500 esta compuesta por diferentes series tales como la serie 200, serie 300 y 400, las series 356, 367 y 600. Estas cobijan un rango de presiones que va hasta los 600 psi y flujos hasta 50 gpm.

Para nuestro banco y teniendo en cuenta las simulaciones realizadas en el caso de que las líneas de prueba funcionaran en serie, se tuvieron en cuenta para la selección las bombas de la serie 500 y dentro de estas el modelo 655, ya que son capaces de entregar el caudal requerido, son bombas pequeñas y permiten un diseño modular del banco de pruebas.

Determinación de la caída de presión: con el objetivo de determinar la presión a la que estaría sometidos los equipos de bombeo, se simuló el banco con todas las líneas de prueba en serie ya que sería la condición más crítica. Este modelamiento se hizo en base a agua.

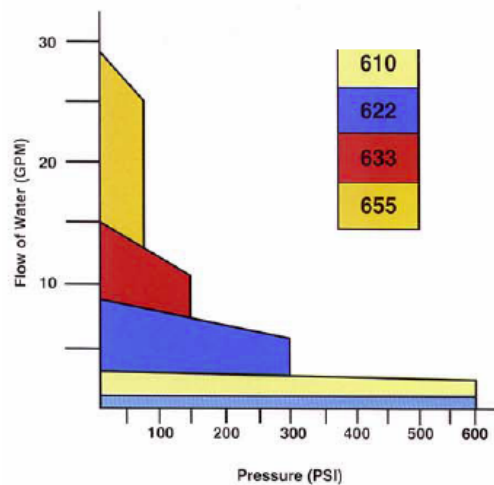
Figura 51. Curva característica del sistema del banco



Determinación de los materiales de construcción: los materiales de construcción afectan la selección de la bomba, dependiendo de los materiales que se escojan determinará que tan resistente a la abrasión y corrosión será la bomba.

Para la bomba seleccionada los materiales son para el cuerpo Hierro fundido (C), para las partes internas ; el rotor de 416 SS/CP y el estator de nitrilo Q. Esta configuración haría a la bomba resistente a la mayoría de los hidrocarburos, aceites y grasas; y sería atacada por ozono, ácidos fuertes, cetonas, esterres, aldehídos, hidrocarburos clorados y nitrogenados. También el rotor de acero inoxidable permitiría el manejo de fluidos alimenticios. La máxima temperatura de operación es de 100 grados centígrados.

Figura 52. Carta de preselección Bombas Moyno.



El modelo de bomba seleccionado es el Moyno serie 500, modelo 65501. Este equipo permite una operación de hasta 71 grados centígrados. Además permite el bombeo de líquidos con viscosidades desde 100 cp hasta más de

20000 cp con velocidades que oscilan desde 100 hasta 1800 RPM; manejando líquidos viscosos y altamente abrasivos.

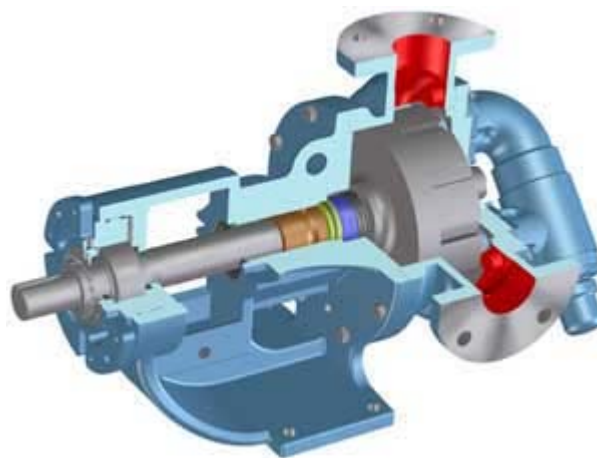
A medida que la viscosidad y la abrasividad del líquido bombeado aumentan, es necesario reducir la velocidad de rotación de la bomba para mantener la eficiencia volumétrica y evitar la cavitación.

Igualmente con fluidos altamente abrasivos es necesario reducir la velocidad de rotación y la presión de la bomba para así poder asegurar larga vida al equipo de bombeo.

Para determinar la potencia requerida intersecamos la curva de funcionamiento para las condiciones más críticas lo cual nos da 1.5 hp. Previendo la necesidad de bombear líquidos abrasivos se añadirá un caballo más de acuerdo a lo recomendado por el fabricante.

Selección Bomba de Engranajes Internos Viking

Figura 53. Bomba Viking de Engranajes internos.



Determinación de la capacidad requerida en GPM: la capacidad requerida está dada por la delimitación del tamaño del banco: 25 gpm.

Determinar la Viscosidad a la temperatura de bombeo: En nuestro caso, como la aplicación de la bomba será para un banco de pruebas de fluidos, no podemos especificar exactamente un valor de viscosidad. Por ello se seleccionará el modelo de la bomba y de acuerdo a la información del fabricante se determinará el rango de viscosidades en los que la bomba puede operar.

Seleccionar el tamaño de la bomba: de acuerdo a la carta de preselección del fabricante el modelo adecuado a nuestras necesidades de caudal y que permite manejar un amplio rango de viscosidades que van desde 200 ssu para 25 gpm y hasta 250000 ssu con caudales menores es el tamaño HL.

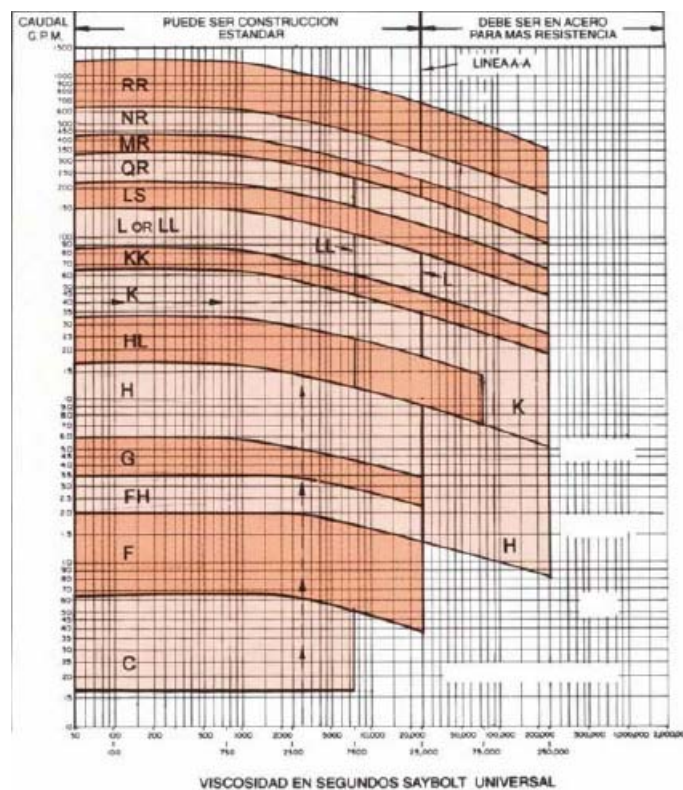
Seleccionar el tipo y clase de bomba: después de seguir los pasos anteriores, es necesario considerar la severidad de la aplicación. Esta se encuentra definida por las condiciones de operación tales como la presión de trabajo, el tipo de fluido y el régimen.

En nuestro caso ya la presión fue calculada y para el caso más crítico, el cual también es el menos probable, fue de 45 psi. Como es un banco de pruebas, la operación no es continua lo que nos inclina hacia la selección de una bomba de la serie 32 tamaño K; pero este modelo de bombas no posee montaje tipo bracket, lo que requeriría el diseño de una chumacera. Por esta razón se seleccionó el modelo 124A del tamaño HL.

Determinar el tamaño de succión: de esta selección depende el NPSH disponible del sistema. En el banco de pruebas el diseño permite unas succión positiva para evitar problemas de cavitación. Se seleccionó un tamaño de tubería de 1.5" NPT para la succión

Determinación del tamaño de la tubería de descarga: ya que el objetivo es lograr el diseño de un banco de pruebas, nuestra instalación tendrá diferentes diámetros de tuberías en la zona de descarga. Esta es una condición de diseño del banco, por lo que se simulo el caso más crítico y se obtuvo la máxima presión de trabajo y por ende la bomba seleccionada tiene su límite de presión por encima del valor calculado (45psi).

Figura 54. Carta de preselección Viking



Determinar la potencia requerida: la potencia determinada por los requerimientos de la aplicación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$hp = \frac{\Delta P_{psi} * gpm}{1715}$$

Lo que nos da una potencia de 3.5 hp. Pero esta potencia sería para agua, y como la idea del banco de pruebas es que permita la evaluación de diferentes fluidos; se seleccionará una potencia de 5 hp (que es el mayor valor de potencia registrado por el fabricante) para permitir manejar aplicaciones desde 7500 hasta 250000 ssu,.

Seleccionar los materiales de construcción: para permitir el manejo de altas viscosidades (hasta 250000 ssu) el fabricante recomienda la siguiente especificación para el modelo HL124A: EXTRA CLEARANCE STEEL FITTED.

Consideraciones por temperatura: Debido a que la temperatura de operación no supera los 200 F no es necesario tener consideraciones especiales por este ítem.

Seleccionar el montaje y disposición de unidad motriz: Viking pump ofrece las siguientes opciones para la selección:

- Bombas desmontadas.
- Conexión directa
- Reductor viking
- Reductor comercial
- Unidad motriz de correa en V
- Montaje con motor directo

- Unidad tipo Bracket.

En nuestro caso se decidió utilizar una unidad motriz de conexión directa debido a que en el banco se utilizará un variador de velocidad que permitirá operar la bomba en la velocidad adecuada. Por lo tanto el modelo de bomba seleccionado es el **HL 124A**.

Selección de la unidad motriz: cálculo del par motor: este se calcula por la siguiente fórmula:

$$P(HP) = \frac{Mxn}{716}$$

Siendo M el par motor en Kgfm y n la velocidad en RPM.

De acuerdo a lo realizado en el punto anterior, las potencias calculadas de acuerdo al procedimiento de cada uno de los fabricantes son las siguientes:

Para la bomba Moyno: El fabricante recomienda un par motor superior a 0.691 kgfm.

Para la bomba Viking: Teniendo la potencia de 5 hp y sabiendo que esta se cumple para 1800 rpm el par motor sería 1.98 kgfm .

Para la selección de las unidades motrices se tuvieron en cuenta los motores siemens trifásicos de Jaula de ardilla totalmente cerrados, cuyas características son las siguientes:

Montaje: Horizontal (F1)

Aislamiento Clase F

Diseño Nema B según Norma MG-1

33 °C temp. ambiente a una altitud de 2300msnm

40 °C temp. ambiente a una altitud de 1000msnm

Motores a prueba de explosión para atmósferas de
División 1, Clase 1, Grupo D - Clase 2, Grupos F&G

Factor de Servicio:

1.15 Motores RGZE

Armazones 143T a 256T en 2 y 4 Polos

Uso general RGZE

- Para bomba moyno 3 hp, 1800 RPM

Modelo: 1LA01824YK30

Tamaño Armazón NEMA

182T

- Para bomba Viking 5 hp, 1800 RPM

Modelo: 1LA01844YK30

Tamaño Armazón NEMA

184T

El torque nominal de los motores es:

- Para el motor de la bomba Viking $T_n = 1.99 \text{ kgfm}$
- Para el motor de la bomba Moyno $T_n = 1.193 \text{ kgfm}$

Como los torques nominales de los motores son mayores a los que se requieren para cada una de las bombas, los motores tienen la capacidad necesaria para el manejo de las bombas.

Selección del acople. El acople seleccionado es de Marca Martin Sprocket . El factor de servicio se obtiene del catálogo del fabricante para la combinación de motor eléctrico con maquinaria moderada. Este es de 1.5. Aplicando este

factor de servicio a las potencias nominales tendremos que la potencia para el acople de la bomba viking es 7.5 hp y para el de la bomba moyno es de 4.5. De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta la velocidad de rotación de 1800 RPM se seleccionaron los siguientes modelos:

- ML 099: Capacidad de 5.5 hp Para bomba Moyno a 1800 RPM
- ML 100: capacidad de 7.5 hp Para bomba Viking a 1800 RPM.

La selección se realizó también teniendo en cuenta el tamaño de motor Nema.

Figura 55. Acople



4.1.4 Líneas de modelamiento. El sistema de líneas de modelamiento debe cumplir la función de permitir el paso de diferentes fluidos y al mismo tiempo poder determinar las caídas de presión asociadas al transporte de fluidos newtonianos altamente viscosos y no newtonianos. Para esto se dispuso de un conjunto de cinco líneas de trabajo de diámetro nominal de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1", 1 $\frac{1}{2}$ " y 2". Las tuberías son de extremos roscados y son en acero A106 gr B. Cada línea de trabajo cuenta con una válvula de bola para bloquear el flujo cuando se desee. La configuración del sistema de líneas permite que se pueda operar una línea a la vez o todas en serie o paralelo. El objetivo de la variedad de diámetros es permitir el estudio de transporte de fluidos a través

de cada uno de ellos y determinar su relación con las caídas de presión como se verá en el marco teórico del banco.

Diseño del sistema de tuberías: los sistemas de tuberías de conexiones roscadas son comúnmente usados en aplicaciones de bajo costo y poco críticas, la productividad de estas instalaciones es moderadamente alta y no requiere habilidades especializadas para su instalación. Su integridad en función de las fugas es buena para condiciones de baja presión, temperatura y niveles de vibración. En el caso de cambios rápidos de temperatura pueden producir fugas debido a la expansión térmica diferencial entre la tubería y los accesorios. La vibración puede resultar en fallas por fatiga en las conexiones de la tubería debido a la intensificación de los esfuerzos causada por las muescas en la base de los roscados. Estos sistemas de conexiones son útiles donde el montaje, el mantenimiento y los cambios en el proceso son necesarios.

Carga: las condiciones de carga pueden ser clasificadas como sostenidas u ocasionales. Las cargas sostenidas actúan sobre el sistema de tuberías durante todo o en gran parte del proceso, estas cargas son constantes en el tiempo. Las principales cargas sostenidas incluyen el peso muerto de la tubería más la carga de presión, incluyendo los efectos de la carga estática. Las cargas ocasionales son transientes y actúan durante porcentajes relativamente pequeños del tiempo total de operación del sistema. Las cargas ocasionales incluyen sobrepresión debida a la puesta en marcha de la bomba y los picos de presión debido a la apertura o cierre repentino de la válvula.

Presión de diseño: la presión del diseño es la presión sostenida máxima que el sistema de tuberías debe resistir sin exceder su límite de esfuerzo

admisible. La presión de diseño no debe ser excedida durante la operación normal, en estado estable, del sistema. En el momento de establecer la presión del diseño, se debe considerar todas las posibles fuentes de presión. Entre las fuentes más comunes para considerar están:

- ✓ La cabeza hidrostática debida a las diferencias de elevación entre los puntos más altos y bajos del sistema.
- ✓ Los efectos de contrapresiones.
- ✓ Las pérdidas de fricción.
- ✓ La frecuencia con que ocurren ondas de presión.
- ✓ Las variaciones en las condiciones de operación del sistema.

Las Variaciones en la Presión del Sistema. Es razonable esperar que aumentos súbitos de presión, de corta duración, en el sistema ocurran durante la operación normal del sistema. Estas presiones ocasionales pueden ser toleradas sin aumentar la presión básica de diseño, con tal que el incremento la presión no exceda límites predefinidos y cuando el tiempo que duran no excede un porcentaje especificado de la duración de la operación del sistema. Un número de, pero no todos, códigos de diseño proveen reglas para contabilizar las sobrepresiones transientes.

Las combinaciones de carga son conocidas como condiciones de servicio y dependiendo de su severidad y su frecuencia en que ocurren, presiones transientes de hasta 2 veces la presión del diseño pueden ser tolerada. En los códigos ASME B31.4, Sección III y ASME B31.11 permiten presiones transientes de hasta el 10 por ciento la presión del diseño del sistema sin restringir el tiempo durante el cual pueden actuar. ASME que B31.1 y ASME

B31.3 proveen reglas como un promedio, en relación a la complejidad, de los extremos indicado arriba.

Temperatura de diseño: la temperatura del diseño es la temperatura a la cual se asignan los esfuerzos admisibles para todos los accesorios del sistema de tuberías. La temperatura de diseño debe ser igual o mayor que temperatura sostenida que los componentes experimentan durante cualquier operación normal y/o las esperadas en operación anormal.

Mientras el diseño de integridad de presión es basado en la temperatura de diseño, la mayoría de los otros aspectos del diseño se basan en la temperatura de trabajo normal. La temperatura de trabajo normal es la temperatura lograda por el fluido de sistema mientras el sistema funciona en las condiciones de cargas máximas, en condiciones de estado estable, esta es menor que la temperatura del diseño. La temperatura de trabajo normal es utilizada como base para los análisis térmicos del diseño que guardan relación con la integridad estructural del sistema de tuberías, incluyendo el análisis de flexibilidad térmica. Si un sistema tiene más de una temperatura normal (i.e., El sistema funciona a temperaturas diferentes o tiene ramas que funcionan a temperaturas diferentes para diferentes modos operativos), los cálculos térmicos a todas las temperaturas de trabajo normales pueden ser necesario para una completa calificación competente del diseño.

Determinación del espesor de la pared: la determinación del espesor de la pared es uno de los cálculos más importantes en el proceso de diseño de un sistema de tuberías. En el momento de realizar este proceso, es necesario considerar un número de factores importantes:

- ✓ Integridad de la Presión
- ✓ Las resistencias mecánicas admisibles: corrosión, erosión, desgaste y el tipo de unión, roscado etc.
- ✓ Las variaciones debido a la manufactura (tolerancias) en el espesor de la pared de las tuberías comerciales.
- ✓ La reducción del espesor de la pared debido preparación final después de la soldadura a tope.

El estándar ASME ha adoptado uno u otra de las siguientes fórmulas para el diseño por integridad de presión:

$$t = \frac{PD}{2(SE + Py)}$$

$$t = \frac{PD}{2SE}$$

Donde:

t es el espesor, de diseño, mínimo de la pared requerido para garantizar la integridad por la presión.

P Presión de Diseño, P_{sig}

D Diámetro externo de la tubería, in

S Esfuerzo admisible, psi

E Eficiencia de la junta (algunos códigos especifican un factor F de calidad para materiales de tubería fundidos)

y Factor que mide las variaciones de temperatura.

La mayoría de los códigos requieren un aumento del espesor de la pared, sobre el calculado para garantizar la integridad por la presión. Este aumento se puede calcular por la siguiente relación:

$$t_m = t + c$$

Donde:

t_m es el espesor mínimo requerido para garantizar las reglas de el código, in.

t es el espesor de la pared requerido para proveer la integridad de la presión, in.

c espesor adicional, in.

El espesor adicional c está definido a partir de una serie de factores a tener en cuenta, por ejemplo, las condiciones de fabricación, instalación y operación. Cada una de estas condiciones se tienen en cuenta separadamente y la suma se agrega al espesor calculado para la integridad por presión alcanzando un espesor mínimo de diseño, los principales factores son:

- ✓ El adelgazamiento o deterioro progresivo de la pared de la tubería en servicio debido a los efectos de corrosión, la erosión y el desgaste.
- ✓ Material removido para facilitar el montaje de la unión. entre los métodos esta el roscado, de interés para este caso particular. Si una tolerancia de mecanizado es requerida como parte de la manufactura de la junta, esta tolerancia debe se computada para obtener un resultado conservativo.
- ✓ Proveer una mayor resistencia mecánica. Esta resistencia adicional podría ser solicitada para resistir las cargas externas a la operación o cargas debidas al envío y manejo.

Los efectos de la presión en la pared de la tubería son una serie de esfuerzos en las direcciones longitudinal y circunferencial (hoop stress). Típicamente, el esfuerzo circunferencial es dos veces el esfuerzo en la dirección longitudinal.

El espesor de pared seleccionado usando las formulas que tienen en cuenta los esfuerzos en dirección longitudinal y circunferencial (formulas hoop stress-type), es decir, las formulas anteriormente mencionadas, resulta un exceso de material disponible en la dirección longitudinal. En la mayoría de los casos este exceso de material es adecuado para resistir esfuerzos de flexión asociados con el peso muerto de la tubería, su contenido y los accesorios montados en la línea, como: válvulas, bridas y demás.

Una vez el espesor mínimo t_m es calculado, el paso restante es especificar el espesor real o el espesor que se va a especificar en la compra. La tubería es fabricada para uno de dos espesores: El espesor de pared mínimo y el espesor nominal. La tubería comprada para una especificación de espesor mínimo será manufacturada usando procesos especiales para el control del espesor. Esta tubería es la que se acostumbra fabricar. El uso de este tipo de tuberías está normalmente limitado para aplicaciones de alta temperatura y presión donde los ahorros en el peso material contrarrestan los costos de fabricación. La tubería comprada con la especificación de espesor nominal es fabricada en conformidad con los criterios dimensionales especificados en los Estándar ASME B36.10M y B36.19M. Estas normas proveen espesores nominales predeterminados de pared, o schedule, para los diversos diámetros exteriores de tubería comercialmente fabricados. La tolerancia en el espesor de la pared de tubería varía con cada proceso de manufactura particular.

Tubería rolada sin costura y con costura (sin material de aporte) tienen una tolerancia para el espesor de la tubería de $+0, - 12 \frac{1}{2} \%$, según Estándar ASME B36.10M.

Diámetro de descarga de la bomba Viking:	Succión 1" y Descarga 1½ "
Diámetro de descarga de la bomba Moyno:	Succión 1 ½" y Descarga 1 ½"
Diámetros de las tuberías de prueba:	½, ¾, 1, 2"
Máxima temperatura de operación:	60°C
Máxima presión de operación:	60 psi
Taraje de la válvula de seguridad y presión de diseño:	75 psi
El material de la tubería:	A106 G B
Esfuerzo de trabajo admisible:	20 ksi
Limitación de temperatura (ASME B31.3, parágrafo 323.2.2):	-29°C hasta 186°C
Corrosión admisible:	1/16"
Mínima Temperatura de operación:	25 °C
y	0.4

Diámetro externo para cada tubería especificada:

$$\frac{1}{2}" \text{ Do} = 0.840"$$

$$\frac{3}{4}" \text{ Do} = 1.050"$$

$$1" \text{ Do} = 1.315"$$

$$1 \frac{1}{2}" \text{ Do} = 1.9"$$

$$2" \text{ Do} = 2.375"$$

De las ecuaciones anteriormente explicadas, tenemos:

$$t = \frac{PD}{2(SE + Py)}$$

$$t_m = t + c$$

$$t = \frac{PD}{2(SE + Py)} + c$$

$$t = \frac{75 * 2.375}{2(20000 * 1 + 75 * 0.4)} + 0.0625$$

$$t_m = 0.06695''$$

Como la tolerancia de los tubos que se fabrican rolados sin costura, es de +0, - 12 ½, entonces:

$$t_{no\ min\ al} = \frac{0.06695''}{0.875}$$

$$t_{no\ min\ al} = 0.0765''$$

Figura 56. Valores del coeficiente y para espesores que cumplen la siguiente relación $t < D/6$.¹

Materials	Temperature, °C (°F)					
	≤ 482	510	538	566	593	≥ 621
	(900 & Lower)	(950)	(1000)	(1050)	(1100)	(1150 & Up)
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Other ductile metals	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Cast iron	0.0	...	...	...	...	...

¹ Tomado de ASME B31.3, Tabla 304.1.1

De la figura 57, se compara el espesor de la pared, en función del diámetro de la tubería y se determina el Schedule más apropiado para las condiciones de diseño, teniendo en cuenta que el espesor de la pared seleccionado sea mayor que el calculado.

Figura 57. Principales propiedades de tuberías comerciales (en unidades inglesas)

Nominal pipe size, outside diam. (in)	Schedule number*			Wall thickness (in)	Inside diam. (in)	Inside area (in ²)	Metal area (in ²)	F _t ² outside surface per ft	F _t ² inside surface per ft	Weight per ft (lb)†	Weight of water per ft (lb)	Moment of inertia (in ⁴)	Elastic section modulus (in ³)	Radius gyration (in)	Plastic section modulus (in ³)
	a	b	c												
½ 0.840	...	...	5S	0.065	0.710	0.396	0.158	0.220	0.186	0.538	0.171	0.012	0.029	0.275	0.039
	...	...	10S	0.083	0.674	0.357	0.197	0.220	0.177	0.671	0.155	0.014	0.034	0.269	0.048
	40	Std	40S	0.109	0.622	0.304	0.250	0.220	0.163	0.851	0.132	0.017	0.041	0.261	0.059
	80	XS	80S	0.147	0.546	0.234	0.320	0.220	0.143	1.088	0.101	0.020	0.048	0.251	0.072
	160	...	...	0.187	0.466	0.171	0.383	0.220	0.122	1.304	0.074	0.022	0.053	0.240	0.082
	...	XXS	...	0.294	0.252	0.050	0.504	0.220	0.066	1.714	0.022	0.024	0.058	0.220	0.096
¾ 1.050	...	...	5S	0.065	0.920	0.665	0.201	0.275	0.241	0.684	0.288	0.025	0.047	0.349	0.063
	...	...	10S	0.083	0.884	0.614	0.252	0.275	0.231	0.857	0.266	0.030	0.057	0.343	0.078
	40	Std	40S	0.113	0.824	0.533	0.333	0.275	0.216	1.131	0.230	0.037	0.071	0.334	0.100
	80	XS	80S	0.154	0.742	0.432	0.435	0.275	0.194	1.474	0.188	0.045	0.085	0.321	0.125
	160	...	...	0.218	0.614	0.296	0.570	0.275	0.161	1.937	0.128	0.053	0.100	0.304	0.154
	...	XXS	...	0.308	0.434	0.148	0.718	0.275	0.114	2.441	0.064	0.058	0.110	0.284	0.179
1 1.315	...	...	5S	0.065	1.185	1.103	0.2553	0.344	0.310	0.868	0.478	0.0500	0.0760	0.443	0.102
	...	...	10S	0.109	1.097	0.945	0.413	0.344	0.2872	1.404	0.409	0.0757	0.1151	0.428	0.159
	40	Std	40S	0.133	1.049	0.864	0.494	0.344	0.2746	1.679	0.374	0.0874	0.1329	0.421	0.187
	80	XS	80S	0.179	0.957	0.719	0.639	0.344	0.2520	2.172	0.311	0.1056	0.1606	0.407	0.233
	160	...	...	0.250	0.815	0.522	0.836	0.344	0.2134	2.844	0.2261	0.1252	0.1903	0.387	0.289
	...	XXS	...	0.358	0.599	0.2818	1.076	0.344	0.1570	3.659	0.1221	0.1405	0.2137	0.361	0.343
1½ 1.900	...	...	5S	0.065	1.770	2.461	0.375	0.497	0.463	1.274	1.067	0.1580	0.1663	0.649	0.219
	...	...	10S	0.109	1.682	2.222	0.613	0.497	0.440	2.085	0.962	0.2469	0.2599	0.634	0.350
	40	Std	40S	0.145	1.610	2.036	0.799	0.497	0.421	2.718	0.882	0.310	0.326	0.623	0.448
	80	XS	80S	0.200	1.500	1.767	1.068	0.497	0.393	3.631	0.765	0.391	0.412	0.605	0.581
	160	...	...	0.281	1.338	1.406	1.429	0.497	0.350	4.859	0.608	0.483	0.508	0.581	0.744
	...	XXS	...	0.400	1.100	0.950	1.885	0.497	0.288	6.408	0.412	0.568	0.598	0.549	0.921
2 2.375	...	...	5S	0.065	2.245	3.96	0.472	0.622	0.588	1.604	1.716	0.315	0.2652	0.817	0.347
	...	...	10S	0.109	2.157	3.65	0.776	0.622	0.565	2.638	1.582	0.499	0.420	0.802	0.560
	40	Std	40S	0.154	2.067	3.36	1.075	0.622	0.541	3.653	1.455	0.666	0.561	0.787	0.761
	80	XS	80S	0.218	1.939	2.953	1.477	0.622	0.508	5.022	1.280	0.868	0.731	0.766	1.018
	160	...	...	0.343	1.689	2.240	2.190	0.622	0.422	7.444	0.971	1.163	0.979	0.729	1.430
	...	XXS	...	0.436	1.503	1.774	2.656	0.622	0.393	9.029	0.769	1.312	1.104	0.703	1.667

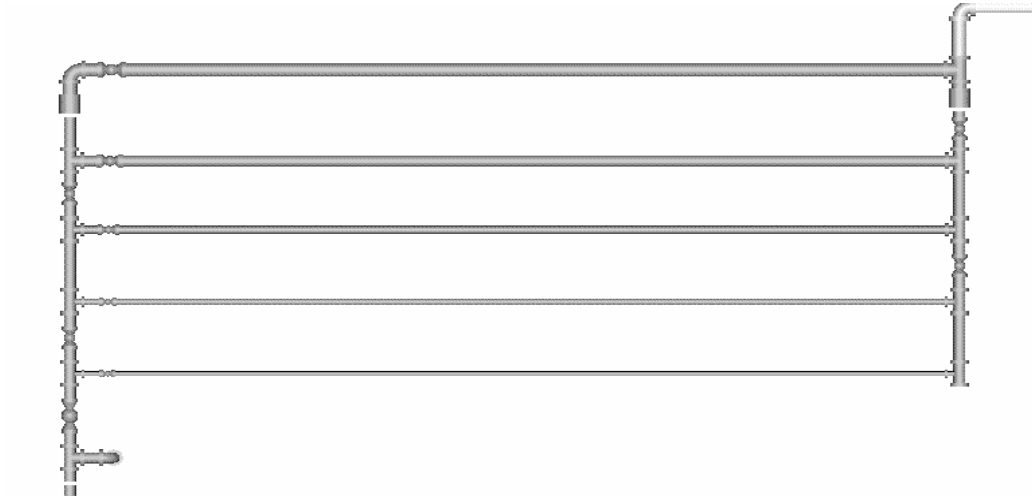
a: ANSI/ASME B36.10 Numeros de Schedule para Tubería de Acero.

b: ANSI/ASME N36.10 Designación de Espesor de Pared Nominal

c: ANSI/ASME B36.19 Numero de Schedule para Tuberías de Acero Inoxidable

De la selección anterior se puede verificar que el espesor de pared que cumple son las necesidades de diseño es: **SCH 40**.

Figura 58. Líneas de modelamiento



Puntos y sistema de medición de presión: en total se tienen 14 puntos de medición distribuidos de la siguiente manera:

- Succión y descarga de la bomba de engranajes internos
- Succión y descarga de la bomba de tornillo
- Dos puntos de medición en cada una de las líneas de trabajo equidistantes tres metros entre si.

Se determino que estos puntos de medición llegarían a un manifold y de allí se tomaría la lectura con un sensor de presión portátil. Cada punto de medición se encuentra como mínimo a una distancia de 5 veces el diámetro de la tubería de cualquier accesorio aguas abajo. Las tomas de presión en la tubería se realizaran a través de conexiones auxiliares de $\frac{1}{4}$ " de acuerdo a los planos en el anexo. La señal de presión será transmitida por medio de mangueras, sujetadas con abrazadera, hacia el manifold donde cada puerto tendrá un racor con válvula de paso de $\frac{1}{4}$ " para individualizar las señales hacia el sensor.

Figura 59. Conexiones de presión bomba Viking

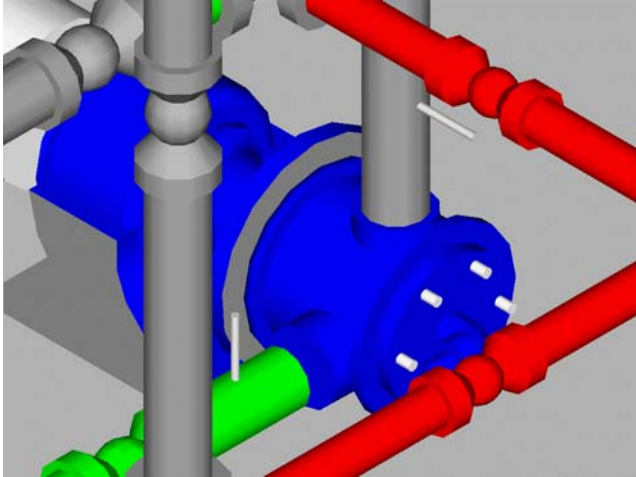


Figura 60. Conexiones de presión bomba Moyno

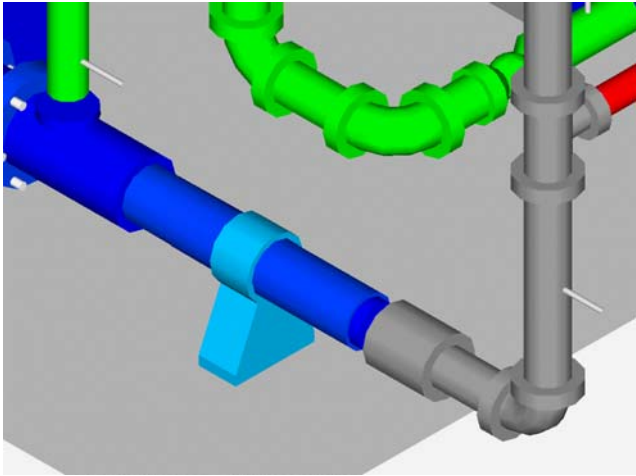


Figura 61. Conexiones de presión sistema de líneas. Lado succión

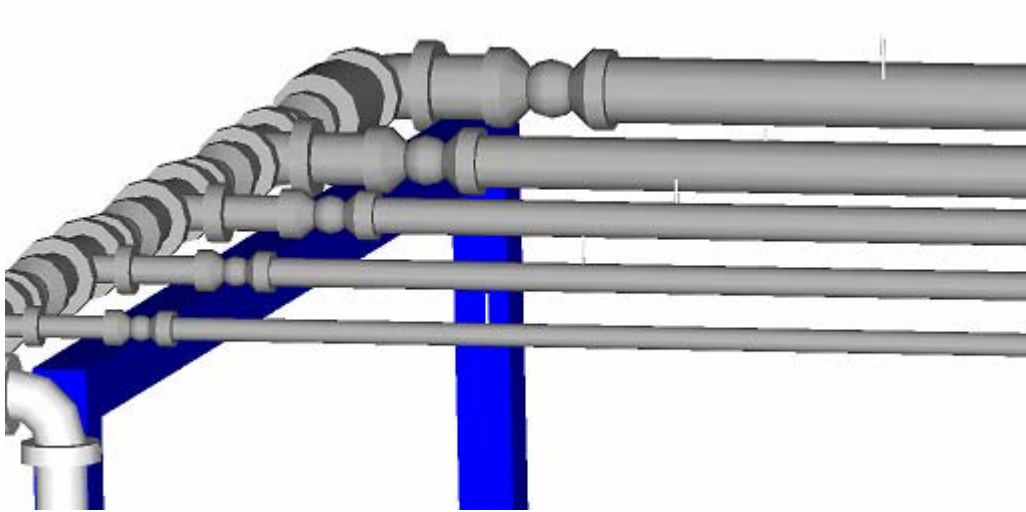
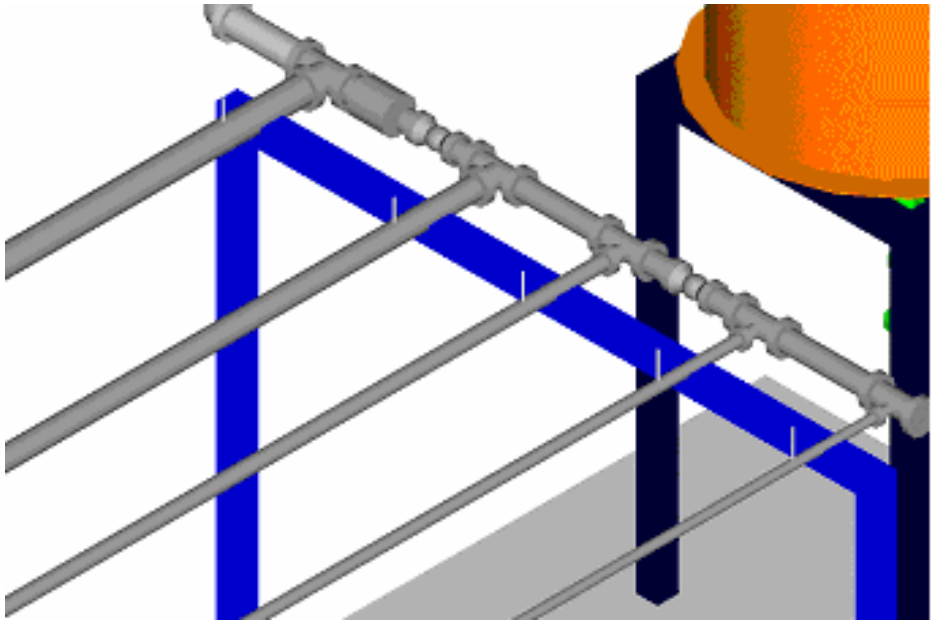


Figura 62. Conexiones de presión sistema de líneas. Lado descarga



4.1.5 Diseño tanque

Materiales recomendados para la construcción del tanque. Para un buen diseño, calculo y manufactura de un tanque de almacenamiento se seleccionó el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen en el mercado, a continuación se listan algunos de los materiales más usados para esta aplicación, según Norma API 650.

Según Estándar ASTM

1. Acero A-36, Acero Estructural, usado para espesores menores e iguales de 38 mm (1 ½ in). Este material es usado en los perfiles, ya sean comerciales o ensamblados de los elementos estructurales del tanque.
2. Acero A-131, Acero Estructural, Grado A: para espesores menores o iguales a 12.7 mm (1/2 in), Grado B: para espesores menores o iguales a 25.4 mm (1 in).
3. Acero A283, Acero al Carbón Medio y Bajo Esfuerzo a la Tensión, Grado C: para espesores menores o iguales a 25 mm (1 in), este material es el más usado, porque se puede usar para los perfiles estructurales como para el techo, pared, fondo y accesorios del tanque.

Diseño del tanque de almacenamiento: para el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, la información mínima requerida (condiciones de operación y de diseño) son, según el Estándar API 650: volumen, temperatura, peso específico del líquido, corrosión permisible, velocidad del viento, coeficientes sísmicos de la zona, la magnitud y dirección de las cargas externas que pudieran ocasionar deformaciones en el tanque, con el fin de diseñar los elementos involucrados con este etc. Para nuestro caso, los parámetros ha tener en cuenta son:

- ✓ Capacidad del tanque (volumen)
- ✓ Peso específico del líquido
- ✓ Corrosión permisible

Diseño y cálculo de la pared del tanque: el espesor de la pared del tanque necesario para resistir la carga hidrostática ha de ser mayor que el calculado por condiciones de diseño o por condiciones de prueba hidrostática.

El espesor de la pared por condición de diseño, se calcula con base al nivel del líquido, tomando la densidad relativa del fluido. El espesor por condiciones de prueba hidrostática se obtiene considerando el mismo nivel de diseño, pero utilizando la densidad relativa del agua.

El esfuerzo máximo permisible de diseño (S_d) y de prueba hidrostática (S_t), se muestra en la siguiente tabla, recomendado por el estándar API 650 en el diseño del tanque, materiales más comunes y esfuerzos permisible, en Mpa.

Tabla 10. Esfuerzos máximos permisibles de diseño (Sd) y de prueba hidrostática (St), para los materiales comunes, en la construcción de tanques.²

Especificación	Grado	Esfuerzo de Cadencia, Mpa	Esfuerzo a Tensión, Mpa	Esfuerzo de Diseño, Mpa	Esfuerzo de Prueba, Mpa
ASTM					
A-283	C	205	380	137	154
A-285	C	205	380	137	154
A-131	A, B y CS	235	400	157	171
A-36		250	400	160	171
A-131	EH36	360	490	196	210
A-573	58	220	400	147	165
A573	65	240	450	160	180
A-573	70	290	485	193	208
A-516	55	205	380	137	154
A-516	60	220	415	147	165
A-516	65	240	450	160	180

² Tomado de API 650, Sección III.

Calculo del espesor de la pared por el método de un pie: esta metodología de cálculo está contenida en la Sección A del Estándar API 650, que tiene un alcance para tanque de, relativa, baja capacidad.

Con este método se calcula el espesor requerido de la pared del tanque a partir del esfuerzo en la junta vertical, asumiendo que el máximo esfuerzo de la junta será 145 Mpa, usando la siguiente formula:

$$td = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{E(145)} + CA$$

Donde:

- td* Espesor de diseño (mm)
- D* Diámetro nominal del tanque (m), (medido hasta la fibra media de la pared del cuerpo).
- H* Altura de diseño del nivel del líquido (m), altura desde el fondo hasta el tope del tanque.
- G* Densidad relativa del Líquido a almacenar o del cálculo para la prueba hidrostática, no será menor de 1.
- E* Eficiencia de la junta, el cual puede estar entre 0.7 y 0.85.

Para los siguientes datos de diseño, el espesor de la pared del tanque será:

Capacidad del tanque	210 l
Altura del tanque	0.8m
Diámetro interior	0.6 m
Material	Acero A283 GC
Fluido	Aceite SAE 50
Densidad relativa	930 Kg/m ³ @ 14°C
Tamaño de láminas de acero	

(Comercialmente)	Ancho	1 m.
	Largo	2 m.
	Espesor	2 mm.
Corrosión permisible		1.6 mm (1/16")

Paso 1: Calculo del espesor de diseño.

El cálculo se realizará asumiendo que el tanque es llenado con agua, ya que la densidad relativa del aceite SAE 50, que es el fluido de trabajo del banco, tiene una densidad relativa menor que 1.

Cálculo del espesor mínimo de diseño:

$$td = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{E(145)} + CA$$

$$td = \frac{4.9 * 0.6 * (0.8 - 0.3) * 1}{0.7 * (145)} + 1.6$$

$$td = 1.614 \text{ mm.}$$

Diseño del fondo: el diseño del fondo depende de las siguientes consideraciones: la base del tanque estará fija a la estructura metálica de soporte para evitar su movimiento, además, la base del tanque está diseñada para soportar gran parte del área de la base de manera que le proporcione rigidez, el método para drenar el fluido es a través de un puerto soldado a la base. El fondo tendrá un diámetro mayor que el diámetro exterior del cuerpo del tanque, por lo menos 51 mm (2 in), para permitir que este se pueda fijar a la estructura metálica con pernos de 1/2". Para garantizar una buena rigidez y resistencia en los puertos de salida del fluido es decide escoger un espesor de 3 mm, calibre 12, para la lámina del fondo del tanque, de esta manera evitar el uso de refuerzos.

Diseño y cálculo de techos cónicos autoportados: los techos cónicos, autoportados son empleados en tanques relativamente pequeños. Este consiste en un cono formado de placas soldadas a tope, que es capaz de sostenerse sin ningún elemento estructural y únicamente soportado en su periferia por el perfil en la corona del tanque.

Estos techos son diseñados y calculados para tanques que no exceden de un diámetro de 12,192mm (40 pies). Los techos cónicos autoportados tendrán como máximo una pendiente 37° y como mínimo 9.5° con respecto a la horizontal. El espesor estará determinado por la siguiente expresión:

$$T_t = \frac{D}{4800 \text{sen} \theta} + CA$$

Donde:

T_t	Espesor mínimo requerido (cm.).
D	Diámetro medio del tanque, 60 cm.
θ	Ángulo con respecto a la horizontal, 10°.
CA	Corrosión Admisible 0.16 cm.

$$T_t = \frac{60}{4800 \text{sen} 10} + 0.16$$

$$T_t = 0.1672 \text{ cm}$$

$$T_t = 1.672 \text{ mm}$$

Se decide que el techo del tanque se construya con lámina del mismo espesor que la base y el cuerpo, es decir un espesor de 3 mm.

Para techos autoportados, de tamaño relativamente pequeño, las dimensiones mínimas del perfil en la corona del tanque son: Perfil Angular

de 2 x 2 x 3/16 pulg, dicho perfil es el asiento donde se ubica el techo del tanque. Para mayor detalle de la configuración del tanque, ver Anexos.

El electrodo que se recomiendan para las uniones de las láminas metálicas es E6022, para más detalles de estas uniones ver los planos en los anexos. Las siguientes son recomendaciones para la fabricación de las uniones: Sección 3.1.5.2 Las juntas verticales del cuerpo del tanque serán uniones a tope con penetración y fusión completa lograda por soldadura doble. *Sección 3.1.5.3* Las uniones horizontales del cuerpo del tanque tendrán penetración y fusión completa; Sin embargo, el ángulo de la parte superior, del tanque, puede estar unido al cuerpo del tanque por una junta de solapa con doble cordón de soldadura. La preparación y el procedimiento de la soldadura serán hechos en conformidad con la *Sección 7.2. Sección 3.1.5.*³⁷ la junta soldada entre la lámina del fondo y la lámina del cuerpo del tanque, para espesores nominales menores de 12.5 mm (1/2 in), debe ser construida con un filete continuo de soldadura, colocado a cada lado. El tamaño, de cualquier soldadura, no debe ser superior a 12.5 mm (1/2) y no debe ser menor que el espesor nominal del las dos láminas unidas, de fondo y de cuerpo.

4.1.6 Variador de velocidad. El MICROMASTER 440 es un convertidor vectorial diseñado para una gran variedad de aplicaciones donde se requiere una respuesta dinámica elevada, también con la posibilidad de realizar un control de torque. Estos equipos se caracterizan por su control vectorial sin sensores de retroalimentación, además de poder programar el mismo control vectorial pero de lazo cerrado.

³ Las secciones mencionadas en este párrafo hacen referencia al Código API 650.

Para el diseño del circuito de control y de potencia fue necesario tener en cuenta que las bombas nunca podrían operar al tiempo. Por ello el circuito debía permitir que funcionara una a la vez con un solo variador de velocidad. De esta forma, al presionar el interruptor 1PB se energiza el variador; luego es necesario presionar el botón 3PB o 4PB dependiendo de que bomba se quiera accionar; al presionar uno de los dos se desactiva el otro permitiendo así el funcionamiento de una sola bomba a la vez. Finalmente el botón 2PB permite apagar el banco.

4.1.8 Cálculos térmicos. Como uno de los objetivos del banco es permitir variaciones de temperatura entre la temperatura ambiente y 50°, especialmente para el bombeo de aceites, se realizó el cálculo térmico que determinaría la cantidad de transferencia de calor necesaria para alcanzar este valor de temperatura.

Los cálculos térmicos están compuestos de la siguiente forma:

- Durante el arranque
 - Transferencia de calor requerida para elevar la temperatura del fluido hasta 50°.
 - Calor necesario para calentar el material del tanque.
 - Pérdidas de calor por las superficies laterales del tanque.
 - Pérdidas de calor por la base del tanque.
 - Pérdidas de calor en la tapa superior del tanque

- Durante la operación
 - Pérdidas de calor por las superficies laterales del tanque
 - Pérdidas de calor por la base del tanque.

- Pérdidas de calor en la tapa superior del tanque

Los dos primeros ítems relacionados con el arranque se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{Q} = \frac{\dot{m} c_p \Delta T}{t}$$

El resto de ítems se puede calcular de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\dot{Q} = UA\Delta T$$

El siguiente es el resumen de cálculos:

- Durante el arranque

Calentando el fluido

Dimensiones del tanque: Alto: 0.55m, Diámetro interno: 0.6m, Espesor: 0.003m.

Temperatura inicial: 20 °C

Temperatura final: 50°C

Volumen de líquido: 0.155 m³

Densidad del líquido: 890

Masa del líquido: 138.40 kg

Calor específico: 1.97 kJ/kg°C

Tiempo: 5400segundos (se escoge este tiempo debido a que las pruebas que necesiten calentamiento serán muy esporádicas)

$$\dot{Q}_{liq} = \frac{138.40 * 1.97 * 30}{5400} = 1.51Kw$$

Calentando el material del tanque

Volumen del material del tanque: 0.003125 m³

Masa del material del tanque: 24.54 Kg

Cp material del tanque: 0.5 kJ/Kg°C

$$\dot{Q}_{mat\ tanque} = \frac{24.54 * 0.5 * 30}{5400} = 0.068 Kw$$

Pérdidas en las paredes laterales del tanque

Temperatura media del líquido: 35°C

Temperatura ambiente: 20°C

Incremento medio de temperatura: 15°C

Area: 1.51m²

Coeficiente global de transferencia: 11 W/m² °C⁴

$$\dot{Q}_{paredeslaterales} = \frac{11 * 1.51 * 15}{1000} = 0.25 Kw$$

Pérdidas en la base del tanque

Temperatura media del líquido: 35°C

Temperatura ambiente: 20°C

Incremento medio de temperatura: 15°C

Area: 0.2827m²

Coeficiente global de transferencia: 6 W/m² °C⁵

$$\dot{Q}_{base} = \frac{6 * 0.2827 * 15}{1000} = 0.02544 Kw$$

⁴ Tomado de SPIRAX SARCO, Energy consumption of tanks and vats

⁵ Tomado de SPIRAX SARCO, Energy consumption of tanks and vats.

Pérdidas en la tapa superior del tanque

Temperatura media del líquido: 35°C

Temperatura ambiente: 20°C

Incremento medio de temperatura: 15°C

Area: 0.2827m²

Coeficiente global de transferencia: 13W/m² °C

$$\dot{Q}_{tapa\ superior} = \frac{13 * 0.2827 * 15}{1000} = 0.055 Kw$$

$$\dot{Q}_{Arranque} = Q_{liq} + Q_{mattanque} + Q_{paredeslaterales} + Q_{base} + Q_{tapasuperior} =$$

$$1.51kw + 0.068kw + 0.25kw + 0.025kw + 0.055kw = \mathbf{1.91 kw}$$

- Durante la operación, se considera el fluido y el tanque a la misma temperatura por lo que sólo se consideran las pérdidas por las superficies laterales y superior e inferior.

Pérdidas en las paredes laterales del tanque

Temperatura final: 50°C

Temperatura ambiente: 20°C

Incremento temperatura: 30°C

Area: 1.51m²

Coeficiente global de transferencia: 11 W/m² °C

$$\dot{Q}_{paredeslaterales} = \frac{11 * 1.51 * 30}{1000} = 0.5 Kw$$

Pérdidas en la base del tanque

Temperatura final: 30°C

Temperatura ambiente: 20°C

Incremento temperatura: 30°C

Area: 0.2827m²

Coeficiente global de transferencia: 6 W/m² °C

$$\dot{Q}_{base} = \frac{6 * 0.2827 * 30}{1000} = 0.051Kw$$

Pérdidas en la tapa superior del tanque

Temperatura final: 30°C

Temperatura ambiente: 20°C

Incremento temperatura: 30°C

Area: 0.2827m²

Coeficiente global de transferencia: 13 W/m² °C

$$\dot{Q}_{tapa superior} = \frac{13 * 0.2827 * 30}{1000} = 0.11Kw$$

$$\dot{Q}_{Operación} = Q_{paredeslaterales} + Q_{base} + Q_{tapasuperior} = 0.5kw + 0.051kw + 0.11kw = 0.6612kw$$

$$\dot{Q}_{Total} = \dot{Q}_{Operación} + \dot{Q}_{Arranque} = 0.6612 + 1.91 = 2.5712kw$$

Debido a que el calor total requerido es de 2.57 Kw, y a que el tiempo de uso del sistema de calentamiento es muy poco; se decidió usar como medio para

⁶ Tomado de SPIRAX SARCO, Energy consumption of tanks and vats

calentar una resistencia de 3000watts y para el control de temperatura un termostato de 0-100°. Esta es una solución bastante económica; ya que el uso de vapor para esta instalación y para el sitio donde se piensa ubicar el banco resultaría demasiado costoso en su instalación.

5. ADECUACIONES A LA PLANTA FÍSICA DEL LABORATORIO

5.1 ADECUACIONES LOCATIVAS

Las adecuaciones locativas hacen referencia a las principales adaptaciones que se proponen a la estructura física del laboratorio, en busca de generar un espacio adecuado para la distribución correcta de los recursos materiales que se dispondrán en las instalaciones del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, tales aspectos son: iluminación, red eléctrica, arquitectura general, muebles y equipos de seguridad.

5.1.1 Iluminación. Una iluminación adecuada es importante para lograr un ambiente confortable que haga del trabajo dentro del laboratorio una actividad agradable contribuyendo así a una mejor calidad y una alta productividad.

El método de cálculo, del número y distribución de luminarias, usado en el proceso de diseño de las adecuaciones de iluminación para el laboratorio es el de lúmenes, este método tiene como propósito determinar las condiciones para generar una iluminación media uniforme en áreas amplias, el método consiste en escoger un tipo de luminarias a utilizar y luego de definir los requerimientos de iluminación interior, se calcula el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación. Luego se distribuyen las luminarias a través del espacio, teniendo como consideración que si el número de luminarias es muy alto, será necesario seleccionar otro tipo de luminaria con mayor emisión luminosa y volver a calcular.

La metodología de cálculo se puede dividir en cinco pasos:

Paso 1. Determinar el nivel de iluminación requerido

La Norma de la Electrificadota de Santander recomienda un nivel de luminosidad de 300 Lux y en la Norma ISO 8995, en los niveles típicos de iluminación aceptados para laboratorios se recomienda un valor mínimo de 300 Lux y un valor máximo de 750 Lux.

Como referencia se tomará un valor de 400 Lux, ya que no es necesaria una alta exigencia de luz durante las horas de prácticas en el laboratorio, ya que normalmente son de día.

Paso 2. Determinar el coeficiente de Utilización

El coeficiente de utilización se define como: El cociente entre los lúmenes que llegan al plano de trabajo (plano horizontal a 75 cm del piso) y los lúmenes totales generados por cada lámpara, este factor mide la eficiencia con que se utiliza la luz disponible por las lámparas, la calidad de la distribución de las mismas, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo.

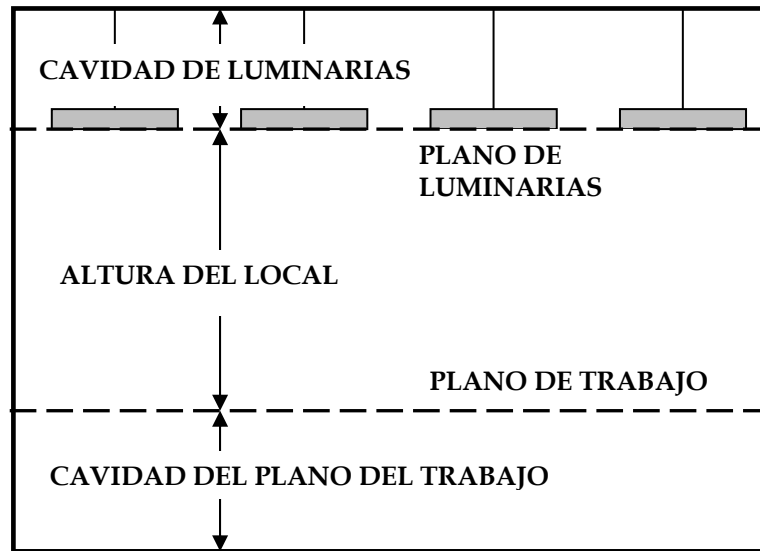
El efecto de la proporción entre la altura y estrechez del local se mide a través de la relación de salón, definido así:

$$\text{Relación_de_salon} = \frac{5 * H * (\text{ancho} + \text{largo})}{(\text{ancho} * \text{largo})}$$

Donde H se define como la altura del espacio de interés, es decir: altura del local, altura de la cavidad de las luminarias o la altura de la cavidad del plano

de trabajo. Para un mejor entendimiento estas variables se pueden visualizar en el siguiente esquema.

Figura 64. Dibujo básico de un local



Los valores base de reflectancia de pared, piso y techo son los siguientes:

Reflectancia de pared: 50%

Reflectancia de piso: 20%

Reflectancia de techo: 70%

Estos valores están asociados al color y acabado superficial, los valores anteriormente mencionados son los que se estima obtener después de realizar las reformas al laboratorio.

Como es necesario hacer el cálculo para los dos niveles del Laboratorio, la metodología se dividirá en dos casos.

Caso a.

La relación de local del primer nivel es:

$$\text{Relación_de_local} = \frac{5 * 3 * (5.6 + 26.54)}{(5.6 * 26.54)}$$
$$\text{Relación_de_local} = 3.24$$

La reflectancia del techo es del 70%, de la figura 66 se obtiene el coeficiente de utilización de la luminaria.

Entonces el Coeficiente de Utilización CU, para las condiciones de reflectancia de pared de 50% y una relación de local de 3.24, es igual a:

$$CU = 0.573$$

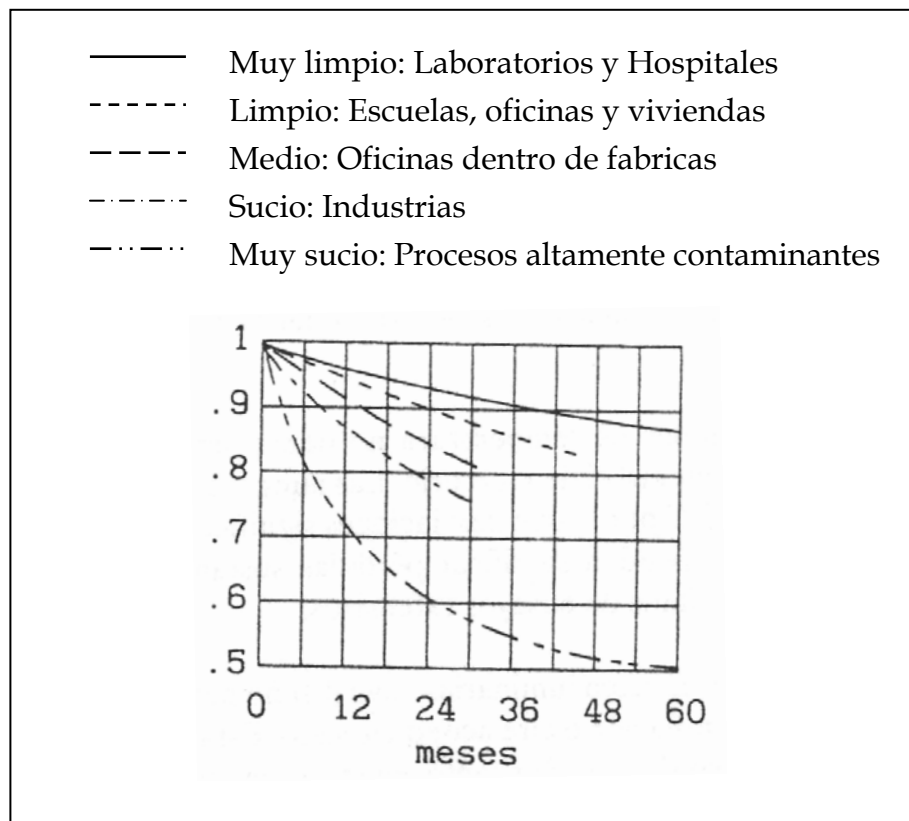
Paso 3. (Caso a) Determinar el factor de pérdidas totales.

Está definido como el cociente de la iluminación cuando se alcanza su nivel más bajo, en el plano de trabajo antes de realizar una acción correctiva, sobre el nivel nominal de iluminación de las lámparas sin considerar factores parciales de pérdida. Para el caso de lámparas fluorescentes se catalogan según su intensidad luminosa después de 100 horas de uso.

- a. Características de funcionamiento del balastro, la asociación de fabricantes de balastros de EUA (Certified Ballast Manufacturers Association) especifican que las lámparas fluorescentes requieren un balastro con una reactancia tal que la lámpara emita el 95% de la luminosidad que proporciona cuando funciona con una reactancia patrón utilizada para establecer el valor nominal.
- b. Degradación luminosa, para el 70% de la vida estimada la lámpara fluorescente debe disminuir en los lúmenes un 8%.

c. Disminución por suciedad, un factor de disminución de luminosidad por suciedad de 0.98, para un intervalo de limpieza de 6 meses, según la siguiente figura.

Figura 65. Factor de disminución de la luminosidad causada por suciedad versus intervalo de limpieza en meses.



Tomado del Manual de Westinghouse 1985.

El factor de pérdidas totales FPT calculado como el producto de todos los factores de pérdida es el siguiente:

$$FPT = 0.95 * 0.92 * 0.98$$

$$FPT = 0.86$$

Paso 4. (Caso a) Cálculo del número de luminarias:

El número de luminarias puede calcularse de la siguiente manera:

$$N = \frac{E * S}{\phi * l * CU * FPT}$$

Donde:

- N número de luminarias
- E Iluminación requerida, 300 Lux
- S Superficie del Local, 148.62 m²
- ϕ Flujo Luminoso por lámpara, 5200 lúmenes
- l Número de lámparas por luminaria, dos.

De lo anterior, tenemos:

$$N = \frac{300 * 148.62}{5200 * 2 * 0.573 * 0.86}$$

$$N = 8.7$$

Para cumplir con la necesidad de iluminación se requieren 9 luminarias. La razón de tomar una iluminación requerida, de 300 Lux, es porque existe cierta cantidad de iluminación que se obtiene desde el segundo nivel a través de los espacios libres que se encuentran en medio del laboratorio.

La razón de tomar una iluminación requerida, de 300 Lux, es porque existe cierta cantidad de iluminación que se obtiene desde el segundo nivel a través de los espacios libres que se encuentran en medio del laboratorio.

Caso b.

La relación de local del segundo nivel es:

$$\text{Relación_de_local} = \frac{5 * 1.25 * (9.94 + 26.54)}{(9.94 * 26.54)}$$

$$\text{Relación_de_local} = 0.864$$

La relación de cavidad de luminarias es:

$$\text{Relación_cavidad_luminarias} = \frac{5 * 0.5 * (9.94 + 26.54)}{(9.94 * 26.54)}$$

$$\text{Relación_cavidad_luminarias} = 0.34$$

La reflectancia real del techo se obtiene de la siguiente tabla, obtenida del Manual de Alumbrado Westinghouse 1985.

Tabla 11. Reflectancia efectiva del techo para un valor base de 70%

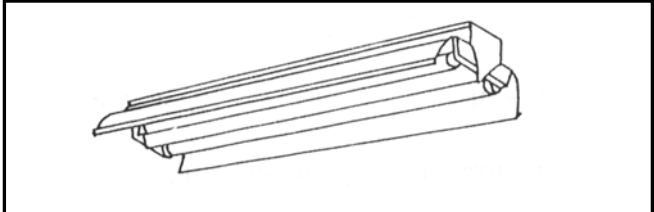
REFLECTANCIA BASE DE TECHO 70%															
Reflectancia	RELACION DE CAVIDAD DE LUMINARIAS														
Pared %	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5	6	8	10
90	70	69	69	68	68	67	66	65	64	63	63	61	60	57	55
80	69	68	67	66	65	62	60	60	58	57	55	52	51	46	43
70	68	67	65	64	62	59	56	54	52	50	48	44	41	35	31
50	67	65	63	60	58	54	49	45	42	38	26	31	28	23	19
30	66	63	59	56	53	46	40	36	32	29	26	22	19	15	12
10	65	61	57	53	50	42	36	31	27	23	20	16	13	10	8
0	64	58	54	50	47	40	33	29	24	21	17	12	9	5	3

Interpolando entre los valores resaltados, la reflectancia efectiva del techo será del 65.6 %.

Con el anterior valor, en la siguiente tabla, se determina el Coeficiente de Utilización de la luminaria propuesta:

Realizando una doble interpolación primero para el valor de reflectancia de techo 65.6 % entre 70 y 50 % para un valor de reflectancia de pared de 50% y cada relación de local 2 y 3, luego para la relación de local de 2.94 desde 2 a 3 se obtiene: CU = 0.5863

Figura 66. Coeficiente de Utilización para una luminaria tipo Tubo Fluorescente x 2, de aplicación general.



TECHO	80%			50 %			10%		
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
PARED									
Relación de Local									
1	0.88	0.85	0.81	0.77	0.75	0.73	0.65	0.64	0.62
2	0.77	0.71	0.67	0.68	0.64	0.60	0.57	0.55	0.53
3	0.68	0.61	0.56	0.60	0.55	0.51	0.51	0.48	0.45
4	0.60	0.53	0.47	0.53	0.48	0.43	0.45	0.42	0.38
5	0.53	0.45	0.40	0.47	0.41	0.36	0.40	0.36	0.33
6	0.47	0.39	0.34	0.42	0.36	0.31	0.36	0.31	0.28
7	0.42	0.34	0.29	0.38	0.31	0.27	0.32	0.28	0.24
8	0.38	0.30	0.25	0.34	0.28	0.23	0.29	0.24	0.21
9	0.34	0.26	0.22	0.30	0.24	0.20	0.26	0.21	0.18
10	0.31	0.24	0.19	0.26	0.22	0.18	0.24	0.19	0.16

Paso 3. (Caso b) Determinar el Factor de Pérdidas Totales (FPT).

Factores de pérdidas totales es igual al estimado en el caso a.

$$FPT = 0.86$$

Paso 4. (Caso b) Cálculo del número de luminarias:

El número de luminarias puede calcularse de la siguiente manera:

$$N = \frac{E * S}{\phi * l * CU * FPT}$$

Donde:

N número de luminarias

E Iluminación requerida, 400 Lux.

S Superficie del Local, 263.81 m²

ϕ Flujo Luminoso por lámpara, 5200 Lúmenes.

l Número de lámparas por luminaria, dos.

$$N = \frac{400 * 263.81}{5200 * 2 * 0.841 * 0.86}$$

$$N = 14.03$$

Con un número de luminarias igual a 14, se puede garantizar el nivel de iluminación requerido.

La distribución de las luminarias se muestra en los Anexos, Plano de Adecuaciones y Distribución de Planta.

Los factores que se han tenido en cuenta para realizar la distribución de las luminarias son:

✓ La arquitectura general del laboratorio: por la presencia del puente grúa, no es posible hacer que las luminarias pendan de las vigas del techo, además por la altura del mismo resulta difícil realizar limpieza y mantenimiento

(altura del techo, aproximadamente 5 metros) es por estas razones que se optó por un sistema de iluminación localizado.

- ✓ Dimensiones del laboratorio, como el laboratorio es amplio, fue necesario realizar una distribución uniforme de las luminarias, para lograr una mayor iluminación.
- ✓ Ubicación de tomas de energía existente. Actualmente el montaje de las luminarias es de dos formas, en el techo (vigas) y en la pared, por comodidad en la instalación se usarán las distribuciones de energía existentes, para su montaje en las paredes.

5.1.2 Red eléctrica. Actualmente la sala del Laboratorio de Maquinas Hidráulicas, cuenta con un tablero de distribución eléctrica diseñado para alimentar las cargas que generaban los motores de las estaciones de prueba, dichas estaciones tenían como característica que requerían una alta potencia para su funcionamiento, muy superior a la que se requiere actualmente para alimentar los equipos de laboratorio seleccionados, teniendo en cuenta esta situación se llevó a cabo la siguiente metodología: 1. Como proceso de inspección; revisar las instalaciones eléctricas actuales, sus capacidades nominales, estado físico y ubicación dentro de las instalaciones del Laboratorio. 2. Como proceso de diseño, calcular los requerimientos eléctricos de cada banco, realizar la distribución de las luminarias y los tomacorrientes teniendo en cuenta la distribución en planta del Laboratorio y finalmente realizar una serie de recomendaciones para la implementación de los componentes eléctricos necesarios para que la instalación eléctrica cumpla con las necesidades establecidas anteriormente.

Inspección. Para el proceso de inspección se tuvo en cuenta los lineamientos de la sección 110, Requisitos de las Instalaciones Eléctricas, del Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 (primera actualización).

Como resultado de la inspección se sacaron las siguientes conclusiones:

1. La capacidad del tablero principal es suficiente para las necesidades de los nuevos equipos.
2. Los alimentadores de los equipos actuales están en buen estado, pero se requiere un mayor número de tomas e instalaciones de iluminación.
3. La alimentación del puente grúa se encuentra en buen estado.
4. Para un mejor manejo de las instalaciones eléctricas en el segundo nivel es necesario un tablero de distribución.
5. Las instalaciones de luz del primer nivel se encuentran en buen estado, pero es necesario un número mayor de luminarias

Diseño. Con la nueva instalación se busca dotar de un suministro de energía suficiente para el manejo de los equipos de laboratorio seleccionados. El diseño de la instalación eléctrica consiste en la definición de los requerimientos de los equipos del laboratorio, la definición de los circuitos y su colocación según la distribución de planta del laboratorio.

Los requerimientos de los equipos de Laboratorio se listan en la siguiente tabla:

Tabla 12. Requerimientos eléctricos de los equipos del Laboratorio STAF

EQUIPO	I [Amp]	V [Volt]	P [Kw]	Fases
<i>Bancos de Laboratorio</i>				
Pump Lab	14.1	220	4.30	3 ph
Pipe Surge and Water Hammer	1.4	220/240	0.50	1 ph
Two Stage Compressor Test Set	13.6	220/240	4.80	1 ph
Propeller Turbine	3.9	120	0.375	1 ph
Twin Water Turbine Module	6.8	380/430	3.60	3 ph
Banco de Cavitación en Válvulas	2.1	220/240	0.75	1 ph
Sistemas Hidroneumáticos Precargados	6.2	115/220	0.56	1 ph
Banco de Prueba de Ventiladores	2.8	120/220	1	1 ph
Bombas Reciprocantes	2.1	120/220	0.75	1 ph
Pruebas Fluido-Dinámicas	24.6	220/240	7.5	3 ph
<i>Iluminación</i>				
Fluorescentes Philips x 50	24.1	111	2.40	1 ph
<i>Computadores</i>				
Computadores Dell x 4	25	120	2.40	1 ph
<i>Tomas de Uso General</i>				
Tomas monofásicos con polo a tierra x 4	8.4	120	0.80	1 ph

Definición de los circuitos. Los circuitos de alumbrado serán dos, uno para el primero nivel y otro para el segundo, los circuitos para los equipos de laboratorio, bancos y computadores, serán dos y uno será el circuito de tomacorrientes de uso general.

Para realizar la división de los circuitos, desde el tablero principal, y para que sirva de mecanismo de seguridad, se decide instalar un tablero de seis (6) puestos en el segundo nivel del laboratorio.

Tabla 13 Cálculo de las cargas por circuito

Circuito N°	Pot / Cto (Kw)	Fator de Potencia	Corriente /Cto (A)	Conductor ⁷	Protección
Circuitos de Iluminación					
1	1.40	0.9	14.1	14 AWG	15 A
2	0.9	0.9	9	14 AWG	15 A
Circuitos Equipos de Laboratorio					
3	7.8	0.8	22.2	10 AWG	30 A
4	1.31	0.8	13.6	12 AWG	15 A
5	2.8	0.8	29.2	10 AWG	30 A
6	4.3	0.8	14.1	12 AWG	15 A
7	3.6	0.8	11.6	12 AWG	15 A
8	7.5	0.8	24.8	10 AWG	30 A
Tomas de Tipo General					
9	0.8	0.9	7.41	14 AWG	15 A

Nota: Los circuitos mencionados anteriormente son los siguientes:

- ✓ Iluminación
 - 1 Circuito segundo nivel
 - 2 Circuito primer nivel

⁷ Especificación de protecciones y conductores de acuerdo a la capacidad de corriente del circuito ramal, calibre mínimo del conductor. Referencia, tabla 210-24, norma NTC 2050.

✓ Circuito de Equipos de Laboratorio

- 3 Bancos alimentados @ 220 V
- 4 Bancos alimentados @120 V
- 5 Computadores

Equipos requieren alimentación trifásica.

- 6 Circuito de 4300 W @ 220 V
- 7 Circuito de 3600 W @ 220 V
- 8 Circuito de 7500 W @ 220 V

Y finalmente,

- 9 Tomas de Tipo General

Los circuitos de los equipos que requieren alimentación trifásica formaran parte del tablero de distribución ubicado en el primer nivel, con protección individual.

La distribución de los circuitos eléctricos se pueden ver en los planos del laboratorio, Anexo A.

5.1.3 Planta física: las principales adecuaciones de la planta física se listan a continuación:

1. Reubicar los equipos que no formaran parte del nuevo laboratorio, en las siguientes listas se muestran los equipos que no formarán parte del laboratorio, del mobiliario que debe darse de baja y de los artículos que se encuentran en buen estado y pueden ser utilizados en el laboratorio.

Tabla 14. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de bombas en serie y paralelo.

CANTIDAD	ESPECIFICACION
1	Sensor de presión
1	Manifold de presión
1	Medidor de caudal
1	Estructura general del banco
Nota: las motobombas de ½ y 1 hp correspondientes a este banco no serán dadas de baja porque serán incluidas en otro proyecto	

Tabla 15. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de cavitación.

CANTIDAD	ESPECIFICACION
1	Estructura metálica general
1	Compresor
1	Tanque de almacenamiento
1	Manifold
1	Tubería en general
1	Medidor de temperatura
1	Platina orificio
Nota: Por considerar que actualmente se encuentra en buen estado, se rescatará de este banco la motobomba y los dos sensores de presión; los cuales podrían utilizarse más adelante en nuevos proyectos del laboratorio	

Tabla 16. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de golpe de ariete

CANTIDAD	ESPECIFICACION
4	Manómetros
1	Tubería en PVC en general, válvulas y accesorios
1	Presóstato
1	Acumulador

Nota: Se rescatará de este banco la motobomba la cual podría utilizarse más adelante en nuevos proyectos del laboratorio o experimentos del laboratorio.

Tabla 17. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de Turbina Kaplan.

CANTIDAD	ESPECIFICACION
1	Motor AEG
1	Bomba WEISE
1	Generador AEG
1	Reóstato AEG
1	Turbina Kaplan DRE ES junto con tubería y soportes y válvulas (6")
1	Manómetro
1	Platina orificio

Tabla 18. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de Turbina Pelton.

CANTIDAD	ESPECIFICACION
1	Turbina Pelton
1	Generador AEG
1	Reóstato
1	Motor
1	Bomba
1	Motor paso a paso
1	Controlador siemens
1	Tablero eléctrico de control
1	Válvula de solenoide
1	Contador y protector térmico para el motor
	Tubería, válvulas y accesorios de 3"
1	Computador
2	Manómetros
<p>Nota: Aunque no se conoce su estado, se decidió no dar de baja el medidor tipo turbina de este banco, ya que se puede calibrar y usar en una posterior aplicación.</p>	

Tabla 19. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de Turbina Michell Banky.

CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN
1	Turbina
1	Bomba centrífuga KSB tipo 80-26
1	Motor CONZ

CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN
2	Manovacumetro Ashcroft
1	Tablero de potencia
1	Válvula de compuerta crane 4"
1	Válvula de compuerta CIM 4" en línea de bypass
	Tubería de succión y descarga 4"
1	Tacómetro marca Jaquet

Tabla 20. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de Turbina Francis.

CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN
1	Motor AEG
1	Turbina Francis
1	Bomba
1	Panel de control
1	Caja de potencia
1	Motor paso a paso
1	Generador AEG
1	Reóstato
	Tubería y accesorios 3"

Tabla 21. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de desplazamiento positivo.

CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN
1	Estructura metálicas
1	Motor Diesel monocilíndrico

1	Motor eléctrico de ½ hp
Nota: Este banco se encuentra actualmente desmantelado por lo que no se conoce la ubicación de la mayoría de los componentes especialmente las bombas reciprocantes.	

Tabla 22. Inventario de los equipos a dar de baja. Banco de aire comprimido.

CANTIDAD	ESPECIFICACION
1	Tanque de almacenamiento
1	Compresor de 4 pistones en v
1	Motor eléctrico
1	Intercambiador de calor
1	Tubería en general
1	Medidor de temperatura
1	Filtro de aire
1	Presostato
1	Estructura metálica

Tabla 23. Inventario de los equipos a dar de baja. Equipos y mobiliario en general.

CANTIDAD	ESPECIFICACION
2	Redes de tubería en PVC antiguo banco de pérdidas
1	Ducto metálico
2	Ventiladores centrífugos
1	Motor eléctrico(unidad motriz ventilador)

CANTIDAD	ESPECIFICACION
	Turbina pelton empotrada
3	Computador
4	Mesas en madera (primer piso)
8	Sillas en madera y pupitres
8	Modelos de estática
<p>Nota. Los autores también consideran necesario dar de baja todos los elementos ubicados en el primer piso en la zona enrejada. Allí se encuentran tuberías, accesorios, cajas, computador, intercambiador de calor, unidades de aire acondicionado, etc. También se deben dar de baja los elementos ubicados en el salón al fondo del primer nivel.</p>	

Tabla 24 Inventario de los artículos que se reutilizarán en el laboratorio.

CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
1	Modelo francis	
1	Vitrina Metálica	N INV.05612
1	Tablero de acrílico	
1	Modelos de bombas y válvulas	En corte.
1	Modelo Turbina axial	
1	Bomba centrífuga	Antiguo banco Cavitación
1	Bomba centrífuga	Antiguo banco golpe de ariete
1	Banco Hidroflo	
1	Bomba accionada por correa y unidad motriz	Perteneciente al banco de turbinas (ver figura 77)

2. Remover las bases de concreto que formaban parte de los bancos anteriormente mencionados.

En las siguientes imágenes se muestra las bases, de los bancos, que se han de retirar con el fin de disponer de un mayor espacio y poder adecuar un piso al laboratorio.

Figura 67. Base del Banco de Compresores



Figura 68. Base de Banco de Ventiladores



Figura 69. Base de Banco de Turbina Pelton, junto con la Turbina.



Figura 70. Base y montaje del Banco de Turbina Pelton.



Figura 71. Base y Montaje de la Turbina Francis.



Figura 72. Base y montaje del Banco de Turbina Michell Banky



Figura 73. Base y montaje del Banco de Turbina Francis.



Figura 74. Base del equipo de bombeo del Banco de Turbina Francis.



Figura 75. Base del equipo de bombeo del Banco de Turbina Michell Banky.



Figura 76. Base del equipo de bombeo del Banco de Turbina Francis.



Figura 77. Base del equipo de bombeo del Banco de Turbina Pelton.



3. Actualmente las paredes del segundo nivel, se encuentran en un estado regular, será necesario pintar de color blanco y realizar algunos pequeños arreglos. Las paredes del primer nivel se encuentran más deterioradas en las secciones que corresponden a los tanques debido a la falta de permeabilización de estos, será necesario permeabilizar las paredes de los tanques y pintar las paredes de todo el nivel con pintura de color blanco. Las cerchas, el techo, las barandas y los pasamanos del laboratorio se encuentran en buen estado, solo se requiere pintar para evitar su deterioro prematuro.
4. Cambiar los tomacorrientes existentes y los switch de iluminación.
5. Colocar piso nuevo al segundo nivel con baldosa tipo duropiso.
6. Realizar un mantenimiento a las diferentes rejillas de los tanques de almacenamiento de agua, para de esta forma disponer de más espacio en el segundo nivel y mejorar la seguridad.
7. Como una necesidad de higiene y para actividades de mantenimiento (aseo) es necesario disponer de un mesón con lavamanos y, además, dos llaves para el suministro de agua a los bancos que la requieran.

8. Ubicar en el segundo nivel sifones para el desagüe del agua de los bancos de laboratorio y la limpieza del segundo nivel.
9. Ubicar los recursos de seguridad para el laboratorio (extintores y botiquín).

Figura 78. Paredes del primer nivel, sección tanque de agua.



5.1.4 Seguridad. Para garantizar la seguridad de las personas dentro del laboratorio es necesario identificar los posibles riesgos de accidentes e implementar medidas necesarias para controlarlos.

Botiquín de primeros auxilios. El botiquín es un recurso de atención inmediata y adecuada a víctimas de emergencias. Como su existencia está sujeta al tipo y nivel de gravedad de las lesiones más frecuentes, se hizo necesario considerar, inicialmente, un orden y unas normas dentro del laboratorio, que formen parte del plan de acción preventivo para disminuir el riesgo de accidentes y como complemento, a este, se sugiere la implementación de un botiquín con sus elementos básicos.

Otro aspecto importante fue proveer una ubicación que garantice el fácil acceso, por esta razón se ubicó cerca del escritorio principal del laboratorio,

además, por que así será fácil hacer el control periódico para evaluar su suficiencia y pertinencia.

Los componentes mínimos son:

- ✓ Rollo de algodón
- ✓ Rollo de gasa
- ✓ Rollo de esparadrapo
- ✓ Caja de bandas adhesivas
- ✓ Vendas elásticas
- ✓ Frasco con una solución antiséptica

Extintores. La razón para tener en cuenta la implementación de un sistema contraincendios dentro de las instalaciones del laboratorio es porque este presta un apoyo al sistema de control de riesgos, formando parte del sistema de control activo en caso de una emergencia por incendio.

Selección por riesgo. Los posibles riesgos de fuego dentro de las instalaciones del laboratorio son: Tipo A, incendios en los que están implicados materiales combustibles sólidos normales como madera, viruta, papel, goma y numerosos plásticos, Tipo B, incendios en los que están implicados líquidos combustibles o inflamables, grasas y materiales similares y Tipo C, incendios en los que están involucrados equipos eléctricos.

Según las anteriores necesidades, el equipo de extintores más idóneo es:

- ✓ Extintores tipo BC, polvo químico seco, contienen Bicarbonato de Sodio como agente extintor y nitrógeno como agente expulsor. Sirve para combatir principalmente los incendios tipo B y son efectivos en espacios abiertos.

✓ Extintores tipo ABC, multipropósito, contienen Monofosfato de amonio como agente extintor y nitrógeno como agente expulsor. Sirve para combatir principalmente los incendios tipo A, B y C.

La cantidad de estos equipos, responde a la necesidad de cubrir el área de los dos niveles, por esta razón se sugiere dos de cada uno.

Otro aspecto importante es saber utilizarlos de manera correcta, por esta razón es importante mencionar las principales recomendaciones para ello:

1. Retirar el extintor de su soporte, teniendo cuidado de no golpearlo.
2. Se lleva al lugar del incendio colocándose a favor del viento en lugares abiertos o cerca de las vías de escape en lugares cerrados.
3. Desprenda el seguro sin accionar las manijas.
4. Colóquese a la distancia adecuada, según el tipo de extintor.
5. Sostenga firmemente el extintor de la manija de soporte y de la manguera de salida en posición de ataque.
6. Presiones las manijas y dirija la descarga en vaivén a la base del fuego, cuide de no esparcir el fuego.
7. No de la espalda al fuego, puede ocurrir un reinicio.
8. Es recomendable usar agua al momento de sofocarlo, teniendo cuidado de que no exista corriente eléctrica.

Distribución de los extintores dentro de las instalaciones del laboratorio.

Para lograr una mejor distribución de los extintores, se realizó un estudio de espacio físico disponible dentro del laboratorio, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones, Ubicar los extintores en sitios que:

- a. Proveen una distribución uniforme.

- b. Proveen fácil acceso.
- c. Estén libres de bloqueo por almacenamiento y equipos, o por ambos.
- d. Estén cerca de los caminos normales de recorrido.
- e. Estén cerca de las puertas de entrada y salida.
- f. Estén libres de un potencial daño físico, y
- g. Sean rápidamente ubicados.

5.1.5 Muebles. Los muebles con los que cuenta el laboratorio actual están en malas condiciones y no son suficientes. Los muebles que se requieren en el laboratorio responden a necesidades claras como:

- ✓ Albergar los libros de la biblioteca.
- ✓ Guardar los equipos de medición.
- ✓ Realizar mantenimientos.
- ✓ Guardar las herramientas.
- ✓ Muebles de oficina para computadores.
- ✓ Un telón para proyección de Vídeo Beam
- ✓ Catorce pupitres.
- ✓ Kit de herramientas manuales: juego de destornilladores de punta plana y estrella. Llaves de boca fija y ajustable. Alicates, martillo, extensiones eléctricas. Taladro. Llave de tubo.

5.1.6 Recomendaciones para la distribución en planta. La distribución en planta se realizó teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones generales: Para facilitar el movimiento de las personas dentro del laboratorio los equipos se encuentran alineados en dirección de los pasillos, en el lugar más cercano a las paredes para facilitar el acceso a la red eléctrica y dejando suficiente espacio con los pasamanos para permitir un flujo rápido hacia la

salida. Los escritorios fueron ubicados lejos de los pasillos de tránsito para evitar potenciales peligros. Además se situó un mesón con lavamanos y dos líneas de suministro de agua y desagües para el lavado o limpieza de los equipos. Para ver la distribución en planta de los equipos, red eléctrica e hidráulica diríjase al Anexo A donde se encuentran los planos.

Tabla 25 Resumen de adecuaciones Físicas y compra de mobiliarios

OBRAS CIVILES		
CANTIDAD	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
11	Remoción de bases de concreto	
2	Desagües	
1	Mesón y lavamanos	
6	Arreglo de rejillas (tanques)	2 nivel
204,6m ²	Instalación de pisos(cerámica duropiso)	2 nivel
179 m ²	Pintura placa sótano (pinturama)	
265 m ²	Pintura cubierta (Eterni)	
Global	Pintura estructura Metálica	
60m ²	Pintura Pasamanos	
70m ²	Pintura columnas (Gris Basalto)	
150m ²	Pintura sobre muro ladrillo(brillo)	
550m ²	Pintura muros (Viniltex)	
OBRAS ELECTRICAS		
18	Iluminación. Fluorescentes	
	Instalación tomacorrientes 220	Incluye, toma, cable y conduits
	Instalación tomacorrientes 110	
	Instalación de switches	

MOBILIARIO		
1	Despensa en madera	
4	Muebles de oficina para computador	
3	computadores	
1	Computador Portátil	
1	Telón Video Beam	
1	Kit herramientas manuales	
14	Pupitres	

6. APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 17025 AL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS Y RECOMENDACIONES PARA LA PRESTACION DE SERVICIOS

El creciente uso de los sistemas de gestión ha producido un aumento de la necesidad de asegurar que los laboratorios de ensayo y calibración que pertenecen a organizaciones o los que ofrecen servicios, puedan funcionar de acuerdo con un sistema de gestión de la calidad que cumpla la Norma ISO 9001.

Esta Norma Internacional es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración, además, los laboratorios de ensayo y de calibración que cumplen la presente Norma funcionarán de acuerdo con la Norma ISO 9001.

Es el interés de la Escuela de Ingeniería Mecánica ofrecer en sus Laboratorios una alta calidad académica a través del buen uso de los recursos disponibles en los mismos, es por esta razón que resultaría muy útil, la aplicación de la Norma, tomando como guía las recomendaciones establecidas para la conformación de la estructura organizativa del laboratorio.

6.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

- Esta Norma Internacional establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.
- Esta Norma Internacional es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones. Éstas pueden ser, por ejemplo, los laboratorios de primera, segunda y tercera parte, y los laboratorios en los que los ensayos o las calibraciones forman parte de la inspección y la certificación de productos.
- Cuando un laboratorio no realiza una o varias de las actividades contempladas en esta Norma Internacional, tales como el muestreo o el diseño y desarrollo de nuevos métodos, los requisitos de los apartados correspondientes no se aplican.
- Esta Norma Internacional es para que la utilicen los laboratorios cuando desarrollan los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas y técnicas. También puede ser utilizada por los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias y los organismos de acreditación cuando confirman o reconocen la competencia de los laboratorios. Esta Norma Internacional no está destinada a ser utilizada como la base para la certificación de los laboratorios.

Nota: El término “sistema de gestión” en esta Norma Internacional, designa los sistemas de la calidad, administrativos y técnicos, que rigen las actividades de un laboratorio.

- El cumplimiento de los requisitos reglamentarios y de seguridad, relacionados con el funcionamiento de los laboratorios, no está cubierto por esta Norma Internacional.

- Si los laboratorios de ensayos y de calibración cumplen los requisitos de esta Norma Internacional, actuarán bajo un sistema de gestión de la calidad para sus actividades de ensayo y de calibración que también cumplirá los principios de la Norma ISO 9001. El anexo A proporciona referencias nominales cruzadas entre esta Norma Internacional y la Norma ISO 9001. Esta Norma Internacional cubre requisitos para la competencia técnica que no están cubiertos por la Norma ISO 9001.

Nota: Si un laboratorio desea ser acreditado para todas o para parte de sus actividades de ensayo y de calibración, debería seleccionar un organismo de acreditación que funcione de acuerdo con la Norma ISO/IEC 17011.

6.2 PROPÓSITO DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA EN EL DISEÑO DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS.

Con la aplicación de la Norma NTC- ISO - IEC 17025, en el Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, se busca garantizar una correcta administración de los recursos, administrativos y técnicos, con miras al un buen funcionamiento del mismo.

Además con el objetivo de proveer un laboratorio que, en un futuro, pueda ofrecer servicios a la industria y a la comunidad académica, la aplicación de la Norma NTC - ISO - IEC 17025, será una carta de presentación para demostrar la capacidad de desarrollar procesos de calidad en los servicios que se puedan ofrecer.

6.3 ORGANIZACIÓN

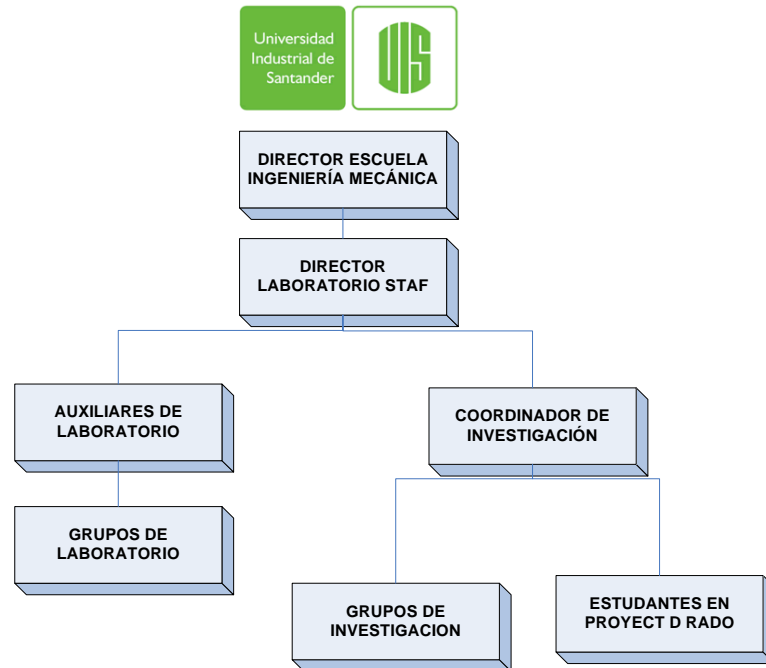
Teniendo en cuenta que el Laboratorio debe poseer personal directivo y técnico que tenga, la autoridad y los recursos necesarios para desempeñar sus tareas, incluidas la implementación de actividades de mejora y el mantenimiento de los equipos, se propone una estructura organizativa que garantice lo anteriormente mencionado, cuyo fin es el de definir las políticas que se van a implementar respecto a los servicios necesarios para el buen funcionamiento del Laboratorio STAF.

Así mismo, la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander de la cual forma parte el laboratorio STAF, será la fuente de los recursos necesarios para el funcionamiento del laboratorio, de manera que la organización del laboratorio que se plantea formará parte de la estructura organizativa de la Escuela y dependerá de la misma.

La organización del Laboratorio se plantea según la figura 79.

6.3.1 Director del Laboratorio. El Director del Laboratorio será designado por el Coordinador de la Escuela y el perfil que debe poseer es el presentado en el siguiente numeral.

Figura 79 Organigrama Propuesto Laboratorio STAF



6.3.2 Perfil del Director del Laboratorio

Debe ser profesor de planta en la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Debe ser una persona que posea dominio de los temas referentes a la materia y de los equipos disponibles en el laboratorio; en lo posible que sea el profesor de la clase.

Debe poseer el carácter y la visión empresarial de un buen administrador. Debe poseer unos buenos vínculos con la empresa Santandereana y Nacional, facilitando la posibilidad de dar a conocer el Laboratorio en el ámbito empresarial.

Debe tener la suficiente disponibilidad de tiempo para dedicarle a las actividades de Laboratorio.

6.3.3 Funciones del Director del Laboratorio. Velar por el desarrollo de las políticas que permitan el correcto funcionamiento del Laboratorio, manteniendo un alto nivel académico y otorgando una efectiva participación a la investigación.

Organizar y controlar el Plan Académico del Laboratorio.

Seleccionar los estudiantes que cumplan el perfil requerido para formar parte del grupo de auxiliares de Laboratorio.

Organizar y realizar el seguimiento de las actividades llevadas a cabo por los integrantes de su grupo de trabajo e impulsar actividades de evaluación del desempeño del mismo.

Recomendar a la Escuela de Ingeniería Mecánica la adquisición de recursos, o ejecución de obras, que permitan una actualización y mejora de los equipos o instalaciones disponibles en el Laboratorio.

Citar y Presidir reuniones que integren a su grupo de trabajo entorno al desarrollo de actividades que permitan el cumplimiento del Programa de Laboratorio o de actividades de Investigación.

6.3.4 Auxiliares de Laboratorio. Los auxiliares del Laboratorio serán estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica, seleccionados y capacitados por el Director del Laboratorio y el Coordinador de Investigación, para

conformar un grupo que tendrán a su cargo labores académicas, en servicio de la Escuela de Ingeniería Mecánica, así como, de las demás Escuelas pertenecientes a la Universidad Industrial de Santander u otras Universidades si así lo considera el Director del Laboratorio por solicitud del Coordinador de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Además serán capacitados en el manejo de los equipos de Laboratorio de manera que puedan darles un buen uso y verificando con cierta periodicidad del estado de los mismos.

6.3.5 Perfil del auxiliar. Poseer las siguientes cualidades: vocación de servicio, autoestima, liderazgo y un claro carácter pedagógico.

Haber cursado la asignatura de Maquinas Hidráulicas, o en un futuro, Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, con altas calificaciones.

Estar capacitado para el manejo de los equipos y del programa académico del Laboratorio.

Tener una disponibilidad de tiempo para cumplir con las responsabilidades asumidas con el Laboratorio.

6.3.6 Funciones del Auxiliar del Laboratorio. Desarrollar las actividades establecidas dentro del plan académico del Laboratorio, además de actividades conexas al mismo, en el tiempo estipulado por el cronograma de actividades.

Dirigir, asesorar y evaluar las practicas de Laboratorio.

Colaborar activamente con las actividades que fomenten el mejoramiento del Laboratorio y velar por el cuidado de los recursos del mismo.

Asistir a las reuniones que cite el Director del Laboratorio.

Realizar inspecciones de los equipos y de las instalaciones del Laboratorio periódicamente, según lo indique el plan de mantenimiento, y solicitar al Director la realización de actividades de mantenimiento si se requieren.

Informar a los estudiantes, que conforman los grupos de trabajo, de las normas básicas de seguridad a tener en cuenta dentro del Laboratorio.

Velar por el Orden y el Aseo dentro de las instalaciones del Laboratorio.

6.3.7 Coordinador de Investigación. Teniendo como visión que el Laboratorio preste servicios a la industria o a otras universidades se plantea la presencia, dentro de la Organización del Laboratorio, de un coordinador de investigación, de manera que se cuente con un personal capacitado para la prestación de servicios.

Es recomendable que este cargo sea ocupado por un profesor de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

6.3.8 Perfil del Coordinador de Investigación. Debe ser una persona con gran dominio de los equipos y conocimientos en el campo del transporte de fluidos.

Debe ser emprendedor y un líder.

Debe disponer de tiempo para dedicarlo al Laboratorio, al grupo de investigación y a los proyectos de grado.

Debe disponer de vínculos con la industria local o nacional.

6.3.9 Funciones del Coordinador de Investigación.

Promover, dirigir y asesorar trabajos de grado.

Realizar inspecciones del estado de los equipos de o instalaciones e informar al Director del Laboratorio de posibles actividades de mantenimiento.

Planear, programar y desarrollar actividades de investigación, seminarios, talleres y pruebas de laboratorio que contribuyan a la prestación de servicios, por parte del Laboratorio, en el campo del transporte y aprovechamiento de fluidos.

Presentar informes del desarrollo de las actividades de investigación y de los servicios prestados.

Seleccionar y conformar los grupos de investigación.

Servir de asesor al Director del Laboratorio en el proceso de actualización del Plan Académico de la Asignatura y en el proceso de capacitación de los auxiliares.

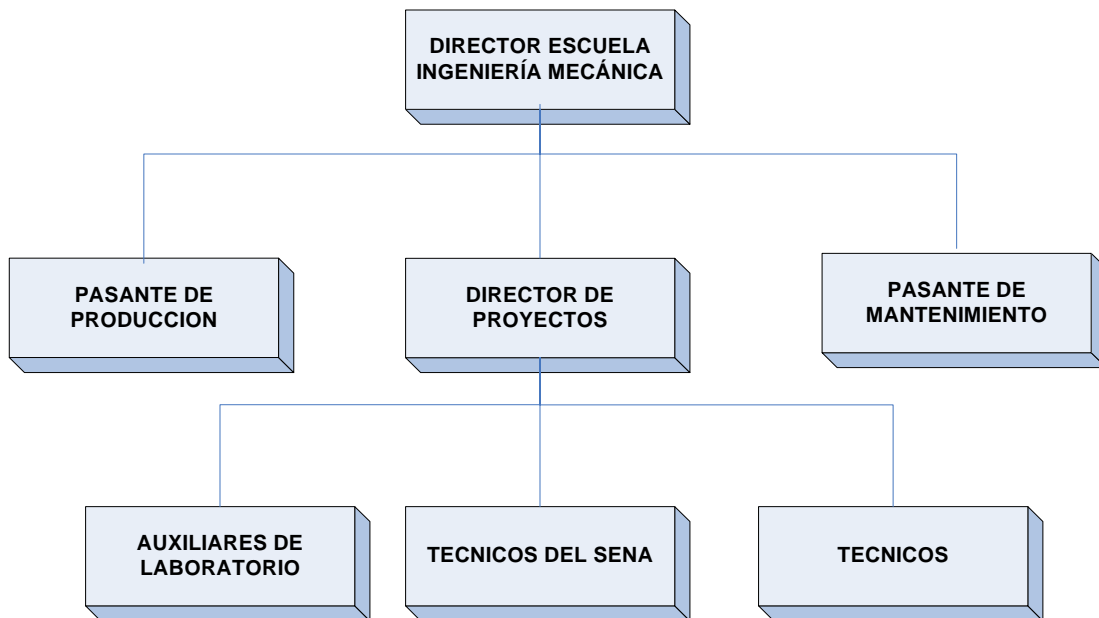
6.4 MANTENIMIENTO

El Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos, como parte de la Escuela de Ingeniería Mecánica, tiene que integrarse a los programas que esta desarrolle. Actualmente la Escuela comprometida con iniciar e implementar un sistema de mantenimiento y darle la importancia que debe tener dentro de la misma.

El Proyecto de Grado PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, contiene la información del Sistema de Mantenimiento que se está implementando en la Escuela de Ingeniería Mecánica, dicho sistema esta compuesto por planeación, organización y control de retroalimentación que interactúan entre sí para garantizar la correcta gestión del mantenimiento, precisando que esta gestión es la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o instalación se mantiene o reestablece al estado en que pueda realizar las funciones señaladas.

Estructura organizacional. El Sistema de Mantenimiento para la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, está organizado de forma centralizada y está encargado de las labores de mantenimiento de los equipos, instalaciones e infraestructura física de ésta. Es presidido por el Director de Escuela y Éste a su vez está asistido por el Director de Proyectos, Pasante de Mantenimiento y un Pasante de Producción que se encargarán de asignar las actividades al cuerpo de Técnicos y Auxiliares de Laboratorio para que desarrollen las actividades programadas, tal como se muestra en la figura 80.

Figura 80. Estructura Organizacional del Sistema de Mantenimiento en la Escuela de Ingeniería Mecánica, UIS.



Los Auxiliares de Laboratorio tienen la responsabilidad de realizar las actividades de Mantenimiento Autónomo, Sistemático y puesta a punto de los equipos del Laboratorio, además de proporcionar la información necesaria para la programación de las mismas, ya que esta información formará parte del Sistema en el cálculo de la carga de mantenimiento, y la capacidad de mantenimiento actual, que servirá para realizar un manejo adecuado de los recursos, estas actividades serán determinadas por el Director del Laboratorio y el Director de Proyectos.

Como uno de los objetivos del diseño del Laboratorio es la adquisición de equipos para el desarrollo de prácticas, es necesario integrar estos nuevos recursos al Sistema de información de Mantenimiento a través de una

adecuada codificación, siguiendo los lineamientos establecidos para su realización.

6.4.1 Inventario. Su propósito es identificar claramente las instalaciones y los equipos, atributos, características, especificaciones y estado actual. Actualmente los equipos se encuentran identificados, para la universidad, con un número de inventario, el cual les permite llevar el control administrativo de este; a nivel de la escuela se lleva un código interno que permita identificarles fácilmente.

6.4.2 Codificación. El sistema utilizado consta de una estructura de código alfanumérico, compuesto por tres letras y cinco dígitos, el cual se puede interpretar de la siguiente forma:

- a. Las tres primeras letras corresponden al área donde se ubican los equipos, es decir, LTF significa Laboratorio de Transporte de Fluidos.
- b. El primer número corresponde a la sección que ocupa dentro del lugar, para nuestro caso, el laboratorio se halla dividido en dos partes, la primera corresponde a la actual ubicación del Laboratorio de Mecánica de Fluidos y la segunda parte al actual Laboratorio de Máquinas Hidráulicas
- c. El segundo y tercer número pertenecen a la identificación del equipo dentro de la sección y los dos últimos números indican las partes del equipo, los números 00 indican equipo principal.

Tabla 26. Inventario de los equipos del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos.

EQUIPOS	CODIGO
1. Banco de Canales Abiertos	LTF-1-01-00
2. Banco Viscosímetro Hoppler	LTF-1-02-00
3. Banco Viscosímetro Rotativo	LTF-1-03-00
4. Banco Flujómetro Neumático	LTF-1-04-00
5. Banco Impacto de Chorro	LTF-1-05-00
6. Banco de Calibración de Pesos Muertos	LTF-1-06-00
7. Estación de Naturaleza de los Fluidos	LTF-1-07-00
8. Banco de Medición de Flujo Incompresible	LTF-1-08-00
9. Banco para Estudiar la Trayectoria de Chorro y Flujo	LTF-1-09-00
10. Viscosímetro Rotativo 1	LTF-1-10-00
11. Viscosímetro Rotativo 2	LTF-2-01-00
12. Banco de Pruebas de Cavitación (Pump Lab)	LTF-2-02-00
13. Banco de Golpe de Ariete (Pipe Surge and Water Hammer)	LTF-2-03-00
14. Banco de Pruebas de Flujo Compresible (Two Stage Compressor Test Set)	LTF-2-04-00
15. Banco de Pruebas de Turbina Axial (Propeller Turbine)	LTF-2-05-00
16. Banco Prueba de Turbinas (Twin Water Turbine Module)	LTF-2-06-00
17. Banco de Cavitación en Válvulas	LTF-2-08-00
18. Banco de Sistemas Hidroneumaticos Precargados	LTF-2-09-00
19. Banco de Pruebas Fluido Dinámicas	LTF-2-10-00

6.4.3 Niveles de mantenimiento. Dentro de las actividades académicas que el Auxiliar de Laboratorio debe realizar en las instalaciones, es necesario que Éste se familiarice con los procedimientos establecidos por el Sistema de Mantenimiento de la Escuela, es por esta razón que se hace la siguiente descripción de manera que tenga una idea general de los alcances del programa y de esta manera ayudar en la articulación del mismo.

El Sistema de Mantenimiento de la Escuela trabajará con los siguientes niveles de mantenimiento:

Nivel 1: en el se encuentran todas las actividades básicas de mantenimiento preventivo, actividades propias del mantenimiento autónomo y actividades menores de mantenimiento correctivo, que puedan necesitar las instalaciones y los equipos, ya sean de tipo mecánicas, eléctricas y de lubricación. Para su realización se tiene en cuenta la participación de los auxiliares, técnico pasante en mantenimiento general del SENA y técnico B de la Escuela;

Nivel 2: en este nivel se realizan todas las actividades técnicas especializadas de mantenimiento, correctivo y preventivo, que puedan necesitar las instalaciones o equipos, de tipo eléctrico, mecánico o de lubricación, que se puedan realizar como trabajo interno de la Escuela. Para su realización se tendrá en cuenta la participación de los técnicos clase A de la Escuela, de producción y mantenimiento y el pasante de producción del SENA.

Nivel 3: en este nivel se desarrollan actividades de mantenimiento especializadas, ya sea correctivas o preventivas, que puedan necesitar las instalaciones o equipos, de tipo mecánico, eléctrico, electrónico o de instrumentación, que no se puedan realizar como trabajo interno de la

Escuela, este nivel se tiene en cuenta para el control en el cumplimiento de las ordenes ya sea que se solicitó los servicios a la División de Mantenimiento Tecnológico o requiriendo la contratación de personal externo a la universidad.

Prioridad:

Normal: cuando la falla no afecta directamente la operación, encaminada a la preservación de las instalaciones y se puede ejecutar en un plazo máximo de 15 días.

Urgente: fallas que afectan inmediatamente la continuidad del proceso, los trabajos deben ser planeados y ejecutados inmediatamente.

Otras actividades pueden planearse, así:

Planeación a largo plazo, cubre un periodo de 5 o más años. Corresponden a planes y actividades de mejora futuras, que requieren grandes cambios.

Planeación a mediano plazo, cubre un periodo de 1 mes hasta 1 año. Proyectos de trabajos de construcción y planes de mantenimiento preventivo.

Planeación a corto plazo, planes diarios y semanales.

6.4.4 Programa de mantenimiento. Aquí se acoplan los recursos con los trabajos y se les asigna una secuencia para que sean ejecutados. El sistema de mantenimiento se encargará de asignar los recursos y el personal de trabajo necesario para realizar la actividad conforme a la información proporcionada, es por esta razón que se requiere seguir los siguientes lineamientos:

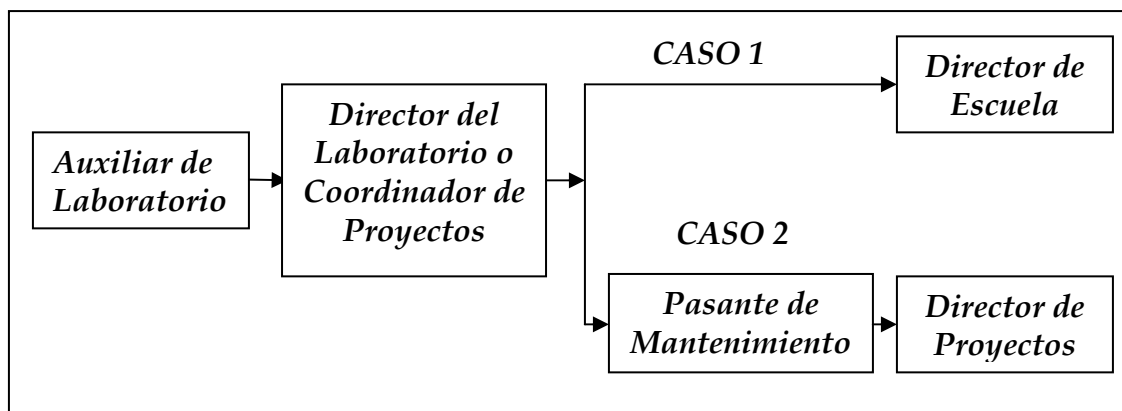
1. Una clasificación de las prioridades de trabajo según la urgencia y el grado crítico del trabajo.
2. Disponibilidad de los materiales de trabajo en la Escuela.
3. Estimaciones realistas de lo que probablemente sucederá.
4. Con el fin de facilitar el proceso de programación de las actividades de mantenimiento, las ordenes de trabajo escritas deben explicar con precisión el trabajo que se va a realizar, la prioridad, los métodos a seguir, los técnicos necesarios , según su especialidad, repuestos y materiales necesarios.

6.4.5 Proceso de solicitud de servicio. Los procesos de solicitud se llevarán a cabo según el diagrama de flujo de solicitud mostrado.

Caso 1, Equipos de Oficina: cuando la solicitud del servicio está relacionada con un equipo de oficina, el profesor, Director del Laboratorio o el Coordinador de Proyectos de Grado, solicitará al Director de Escuela de manera verbal o escrita, usando el formato de solicitud.

Caso 2, Equipos de Laboratorio: para este caso la solicitud se realiza de forma escrita. El profesor la enviará al Director de Proyectos, a través del Pasante de Mantenimiento. Si la solicitud la hace un técnico, será enviada directamente al Director de Proyectos y si es solicitada por un estudiante, la solicitud será, con previo conocimiento del Director del Laboratorio, remitida al Pasante de Mantenimiento quien a su vez la hará llegar al Director de Proyectos.

Tabla 27. Flujo de Solicitud de servicios.



Programas de mantenimiento: dentro de las actividades de mantenimiento, correctivo y preventivo, la planeación, programación y ejecución son desarrolladas en su totalidad por el Sistema de Mantenimiento de la Escuela, mientras que los auxiliares del laboratorio tienen una mayor participación en el programa de mantenimiento preventivo, formando parte del grupo de trabajo a cargo del Pasante de Mantenimiento, dicho grupo tiene la responsabilidad del buen funcionamiento del programa a través de la realización correcta de las actividades programadas.

Dentro de las principales actividades de mantenimiento preventivo tenemos:

1. Limpieza, como actividad propia del mantenimiento autónomo.
2. Inspección, realizada mediante uso de los sentidos o instrumentos, observando cuidadosa y detenidamente los equipos en cuestión, buscando cualquier daño que produzca una eventualidad que afecte la operación correcta del equipo, registrando las observaciones en el siguiente formato.

Mantenimiento autónomo: consta de las actividades que el equipo de auxiliares de laboratorio puede realizar diaria, semanal o quincenalmente, con el fin de obtener la mayor disponibilidad del equipo. Estas actividades comprenden tareas de limpieza, lubricación, ajustes mecánicos y pequeños ajustes eléctricos que no requieren de una programación para su ejecución, solamente de la destreza, cuidados y conocimiento del equipo, que tenga el grupo para realizarlas.

Los auxiliares serán los responsables de las actividades de mantenimiento autónomo que programe el sistema. El Director del Laboratorio junto con el Director de proyectos, acordarán el tipo de actividades que se pueden programar a los auxiliares, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por los proveedores de los equipos de laboratorio e instrumentación. Dentro de las pruebas de laboratorio se incluye una serie de actividades que tienen el fin de crear en los estudiantes una cultura del mantenimiento.

Reglamento interno del laboratorio: las siguientes son una serie de medidas preventivas con el fin de proteger la salud de las personas frente a los riesgos propios de la labor dentro del laboratorio.

El elemento clave es una actitud proactiva hacia la seguridad y la información que permita reconocer y combatir los riesgos presentes en el laboratorio. Será fundamental la realización meticulosa de cada actividad, pues ninguna medida, ni siquiera un equipo excelente puede sustituir el orden y el cuidado con que se trabaja.

1. Se debe conocer la ubicación de los elementos de seguridad, tales como, extintores.

2. No se permite comer, beber o fumar dentro de las instalaciones del laboratorio.
3. Es imprescindible mantener el orden y la limpieza. Cada persona es responsable directa de la zona que le ha sido asignada y de todos los lugares comunes.
4. Las manos deben lavarse cuidadosamente después de cualquier manipulación de laboratorio y antes de retirarse del mismo.
5. No se permite correr en las instalaciones del laboratorio.
6. No se deben bloquear los pasillos con equipos, máquinas u otros elementos que entorpezcan la correcta circulación.
7. El material de vidrio roto no se depositará con los residuos comunes. Será conveniente ubicarlo en cajas resistentes, envuelto en papel y dentro de bolsas plásticas. El que se pueda reparar se limpiará y será solicitado servicio de mantenimiento.
8. El laboratorio contará con un botiquín de primeros auxilios con los elementos indispensables para atender casos de emergencia.
9. al terminar cualquier actividad es necesario dejar todos los elementos en orden y limpios.

Prevención de riesgos eléctricos:

- Evite usar equipos que se sospeche que están en mal estado, además de las pérdidas de energía se puede presentar cortocircuitos y otros riesgos eléctricos.
- Desconectar los equipos eléctricos siempre de la base (conector), no halando el cable.
- Al terminar las actividades asegurarse que todos los equipos se encuentran desenergizados.

- Si se presenta, reiteradamente, que los interruptores termo magnéticos se disparan es necesario consultar con un técnico electricista.
- Antes de manipular una instalación eléctrica es necesario verificar que se encuentra desenergizada.

Recomendaciones en caso de emergencia eléctrica:

- Permanecer en calma e identificar bien lo que le esta sucediendo a la víctima, actuar en forma sistemática y rápida. Toda la información adicional que se pueda conseguir será muy útil para el personal médico que reciba el caso.
- Pide ayuda médica y transporte en una institución de salud cercana.
- Nunca tocar a la persona en el momento del accidente o cuando se sospeche que todavía se encuentra en contacto con la fuente de electricidad. Antes de tocar, se recomienda suspender el suministro de energía.
- Es posible retirar el conductor con un elemento aislante, madera etc.
- Una vez se esta seguro que la victima no está en contacto con la electricidad, se observan y verifican los signos vitales (pulso y respiración), si no se tiene signos, es necesario suministrar primeros auxilios.

La Escuela de Ingeniería Mecánica siendo la primera Escuela en el País debe liderar procesos de Investigación a través de la vinculación con el sector empresarial respondiendo activamente a las necesidades del sector y de esta forma generar conocimiento que beneficie a ambos sectores.

Para lograr esto la escuela primero debe entablar dichas relaciones con la industria y de esta manera ofrecer un soporte a aquellos procesos de desarrollo. Luego, debe contar con las instalaciones necesarias para dar este

soporte y finalmente debe asegurar la confiabilidad de las mediciones experimentales que en sus instalaciones se realicen.

Desde este punto de vista, y previendo hacia un futuro la necesidad de ofrecer servicios por parte del laboratorio de sistemas de transporte y aprovechamiento de fluidos, se realizó un esquema de las relaciones del laboratorio y de las posibilidades de prestación de servicios junto con una guía para para la redacción del libro de acreditación de laboratorios de ensayo bajo la Norma ISO 17025, los cuales se presentan a continuación.

Figura 81. Relaciones Academia-Investigación-Empresa del Laboratorio.

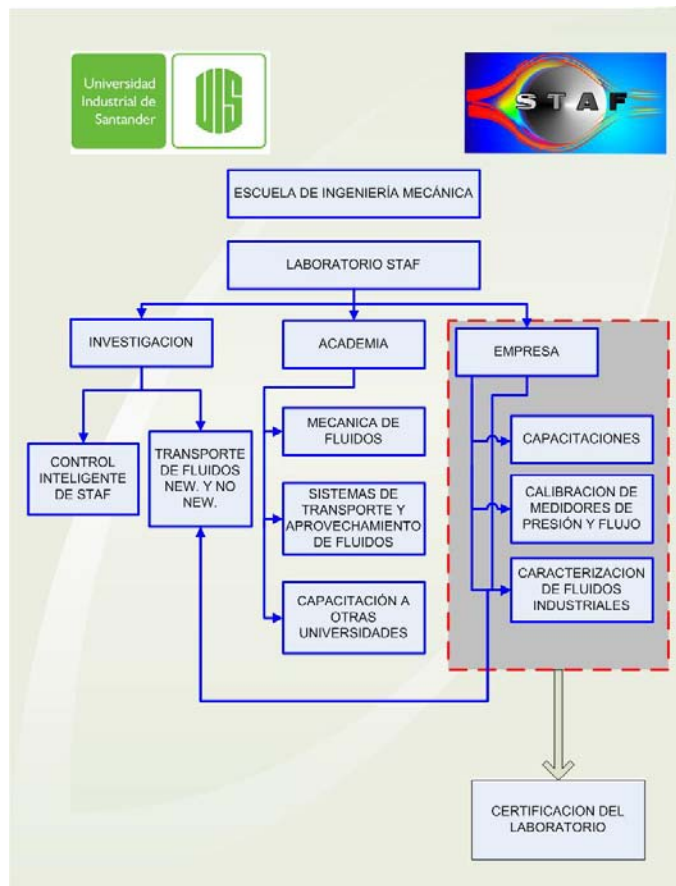
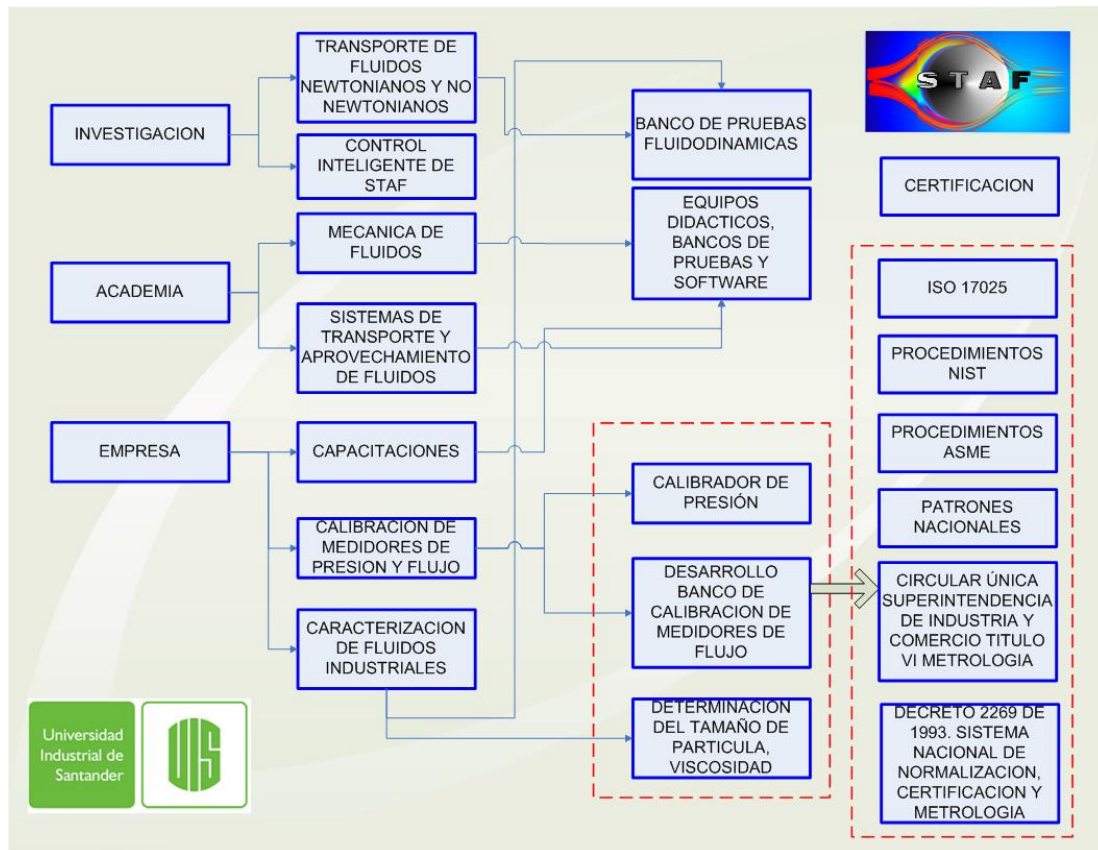


Figura 82. Relaciones Academia-Investigación-Empresa del Laboratorio. Continuación



6.5 GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO

A continuación se nombran los principales elementos que debe contener el libro de acreditación o manual de calidad bajo la Norma ISO 17025.

Luego de la *introducción* propia del manual, se procede a la sección donde se especificaran todos los *documentos de referencia* (normas, decretos, etc) que rigen la elaboración del manual.

Lo siguiente es la *documentación del sistema de calidad* . El sistema de calidad estará resumido en la siguiente documentación:

Manual de calidad. Describe el sistema de calidad y establece la política de calidad, la organización, las actividades a desarrollar y las responsabilidades básicas. En determinadas ocasiones describe la forma de llevar a cabo una actividad.

Procedimientos de operación. Describe la forma de llevar a cabo una actividad, desarrollando requisitos o funciones del manual de calidad de carácter general (no relacionados con la actividad de ensayo propiamente dicha) con el nivel de detalle necesario para su realización o puesta en práctica.

Instrucciones Técnicas. Describen actividades de carácter técnico, relacionadas con los análisis y con el manejo, calibración y mantenimiento de equipos, y generalmente recogidas en normas, manuales, especificaciones técnicas, etc. Su utilización está restringida, normalmente al personal responsable de realizar las actividades que se detallan.

Formatos y Registros. Son hojas destinadas a recoger información derivada de una actividad concreta que se lleva a cabo en relación con el sistema de calidad o con trabajos técnicos concretos. Una vez cumplimentados se convierten en registros de la calidad.

Otros documentos del sistema. Son documentos elaborados por el laboratorio, que recogen información aplicada en el desarrollo de los trabajos y con influencia en la gestión y calidad de los mismos. Generalmente surgen de la aplicación de los documentos anteriores (listados de documentos, relación de proveedores,...).

Documentos externos. Son documentos que no han sido elaborados por el laboratorio, cuya información es aplicada en el desarrollo de los trabajos y con influencia en la calidad de los mismos (normas y métodos para la realización de ensayos, normas de calidad, legislación, publicaciones técnicas, requisitos de los clientes, etc.).

Una vez definido lo anterior es necesario establecer los *Requisitos de gestión*, Se definen, a través de organigramas y descripciones adecuadas, la *organización, actividades, responsabilidades y competencias* de los diferentes puestos de trabajo de la entidad. Alcanza al conjunto de la organización. Se definen las *cláusulas de independencia, confidencialidad e imparcialidad*. Luego, en este mismo capítulo se describe dentro del *Sistema de gestión de la calidad* la política de calidad y el sistema en sí de gestión. Dentro de este sistema Se define la *gestión documental del sistema de calidad*. Alcanza al propio sistema de calidad, abarcando todos y cada uno de sus documentos. Dentro de la gestión de documentos se encuentran los procedimientos de *aprobación y distribución de documentos y de Modificación de documentos*. Se define la *revisión de solicitudes, ofertas y contratos*. Aquí es necesario establecer la filosofía en que se soportarán las ofertas, solicitudes de actuación, aceptación de las demandas y en general los contratos entre el laboratorio y sus clientes, alcanzando tanto a la relación con clientes concretos como a los contratos generales y publicitarios.

A continuación se describen otra serie de apartados que conforman el capítulo del sistema de gestión de la calidad.

Subcontratación de ensayos. Se define un sistema de control que alcanza a los ensayos que, por circunstancias especiales que se citan, tengan que ser subcontratados.

Compra de servicios y suministros. Se define un procedimiento de control de los aprovisionamientos de productos y servicios que afecten a la calidad de los ensayos. En su alcance, afecta tanto a la gestión de compra del laboratorio como a los proveedores, que son los responsables del aseguramiento de la calidad del producto o servicio correspondiente.

Reclamaciones. Se define un procedimiento para el tratamiento y resolución de las quejas y reclamaciones de clientes o terceros con legítimo interés. se mantiene un registro de cuantas acciones se lleven a cabo para la resolución de la reclamación, incluyendo la investigación de sus causas. La gestión de las reclamaciones se realiza por el director del laboratorio.

Control de trabajos de ensayo, y de calibración interna en su caso, no conformes. Se establecen la política y los procedimientos para regular la actuación del laboratorio en los casos que se produzcan incumplimientos de los requisitos especificados en el sistema de calidad o acordados con el cliente. Alcanza a las actividades del ámbito de acreditación y puede extenderse, como mejora, a otros campos de trabajo.

Acciones correctivas. Este apartado define un sistema adecuado para la corrección de no conformidades, enfocando la actividad hacia la mejora permanente y la eliminación de las causas de error. Alcanza al ámbito de acreditación del laboratorio, y a las calibraciones internas que se realicen.

Acciones preventivas. Se define un sistema adecuado para asegurar la detección, control y gestión de puntos de prevención y mejora para sí eliminar o disminuir las causas potenciales de fallo. Alcanza a todos los ámbitos de trabajo.

Para evitar las situaciones de no conformidad y avanzar en la mejora continua, se establece un sistema de captación y gestión de puntos de prevención y/o mejora que, conforme a lo expresado para las acciones correctivas, puede requerir un plan de acción adecuado y proporcional al caso. Con la acción preventiva, el laboratorio evita la aparición de anomalías o desviaciones en el sistema, sobre todo cuando puedan derivar en una no conformidad. Al mismo tiempo, se potencian los posibles incrementos de eficiencia en los procesos.

Control de los registros. se define un sistema de registro y control de las evidencias objetivas que demuestren la realización adecuada de las actividades del sistema de calidad. Se establece el contenido, estructura, sistema de archivo y gestión de los registros de la calidad. Alcanza a todas las actividades del ámbito de acreditación del laboratorio y puede extenderse, como mejora, a otros campos de trabajo.

Auditorias internas. Se describen las medidas adoptadas para comprobar la eficacia del sistema de calidad a través de auditorias internas planificadas. Alcanza al propio sistema de calidad y a todas las actividades por él afectadas.

El siguiente capítulo refiere a los *requisitos técnicos* del laboratorio, allí se deben especificar los factores que afectan la fiabilidad y la calidad del laboratorio. También se especifica la forma en como se asegura la competencia técnica del *personal* en función de los perfiles y responsabilidades de cada puesto, junto con los programas adecuados para subsanar y prevenir las insuficiencias. Asimismo se aseguran las condiciones requeridas en las disposiciones de la acreditación. *En cuanto a instalaciones y*

condiciones ambientales deben ser adecuadas para que el entorno de trabajo permita el trabajo continuo y la realizar los ensayos con la máxima fiabilidad y cumpla las condiciones idóneas de seguridad.

En cuanto a *métodos de ensayo, y de calibración interna en su caso, y validación de métodos*; las actividades del laboratorio se deben realizar siguiendo instrucciones metódicas y documentadas, a fin de asegurar la calidad y repetibilidad de los trabajos. Este apartado alcanza las actividades del ámbito de acreditación, pero puede extenderse al resto de actividades. En los casos de ausencia de normas, procedimientos alternativos o discordancias en la expresión de los resultados de ensayos, por el laboratorio se establece la Instrucción Técnica de Ensayo correspondiente, validándose el método utilizado.

También se hace necesario un sistema de gestión y control que alcanza a todos los *equipos, materiales de referencia, patrones, etc.*, utilizados en el laboratorio y que afecten a la calidad de los ensayos, y de las calibraciones internas en su caso.

Trazabilidad de las medidas. Tiene como objeto asegurar la existencia de un itinerario reconocible, repetible y documentado que conecte una medición determinada con una referencia reconocida de comparación, y se aplica a los equipos, materiales de referencia, patrones y a las propias mediciones correspondientes a las actividades del ámbito de acreditación del laboratorio. Facultativamente puede extenderse, como mejora, a otros campos de trabajo.

Manipulación de objetos de ensayo, y de calibración interna en su caso. Se define el sistema de gestión adecuado para el control y manipulación de las muestras

de ensayo - que aplica a los ensayos bajo el alcance de acreditación del laboratorio, si bien puede extenderse, como mejora, al resto de campos de trabajo, y de los objetos de calibración interna.

Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayos, y de calibraciones internas en su caso. El objetivo es establecer un sistema de control adecuado para el aseguramiento y la mejora continua de la calidad de los resultados de los ensayos del ámbito de acreditación, y de las calibraciones internas en su caso, pudiendo extenderse, como mejora, al resto de los ensayos.

Informe de los resultados. Se define la forma en la que el laboratorio emite los resultados de sus ensayos. se aplica a las actividades del ámbito de acreditación del laboratorio.

6.6 GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN BANCO DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO.

Dentro de los posibles servicios que se estipularon para prestar a través del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de fluidos se encuentran los siguientes:

- Calibración de medidores de presión
- Caracterización de fluidos: tamaño de partícula, viscosidad y curvas de comportamiento de flujo.
- Capacitaciones.
- Servicio de calibración de medidores de flujo.

Los tres primeros ítems quedaron definidos en este proyecto junto con los equipos necesarios para su realización. Es el último ítem el que requiere un análisis cuidadoso y un diseño especial para su implementación.

¿Por que calibrar? Durante la operación de un medidor de flujo, sus materiales constructivos se ven sometidos a un proceso continuo de fatiga, desgaste, ensuciamiento y eventualmente a condiciones extremas momentáneas que ocasionan que el instrumento se degrade en sus niveles de exactitud y precisión. La calibración periódica pone en evidencia los efectos antes descritos y permite restituir la exactitud del sistema de medición a sus condiciones preestablecidas mediante el ajuste contra los patrones de calibración.

Antes de realizar el diseño de un banco para calibración de medidores de flujo es necesario realizar un estudio de las necesidades del sector para luego definir los siguientes aspectos.

- Tamaño de las líneas de medición. Este también define el tamaño de los medidores de flujo que se pretendan calibrar.
- Capacidad de medición. Este define el alcance o rango de flujo en el cual los medidores serían calibrados.
- Tipos de medidores a calibrar
- Patron o patrones de referencia
- Procedimientos de trazabilidad de acuerdo a NIST
- Procedimientos de medición de acuerdo a ASME

6.6.1 Consideraciones generales para el diseño del banco de calibración de medidores de flujo. Componentes generales:

- Elemento primario (sensor de flujo)
- Elemento secundario (transmisor de flujo)
- Circuito hidráulico
- Dispositivo de eliminación de gases
- Filtro
- Elemento de impulsión de flujo
- Dispositivos de regulación de flujo
- Dispositivos auxiliares

Los límites de aplicación del sistema de medición por calibrar:

- Alcance de medición
- Intervalo de operación
- La presión mínima y la presión máxima de trabajo
- Temperatura mínima y temperatura máxima de trabajo
- Los niveles de seguridad requeridos

La medición de flujo es compleja debido a que es afectada por los siguientes factores:

- Temperatura
- Presión
- Densidad
- Viscosidad
- Estabilidad de flujo

- Condiciones de instalación del sistema de medición
- Distorsión y vórtices en el perfil de velocidades
- El método de medición que se utiliza para llevar a cabo la calibración
- La competencia técnica del personal que realice las pruebas de calibración.

Ejemplos de sistemas de calibración:

Figura 83. Esquema general de la instalación de un medidor de flujo de líquidos cuando se emplea para su calibración una medida volumétrica.

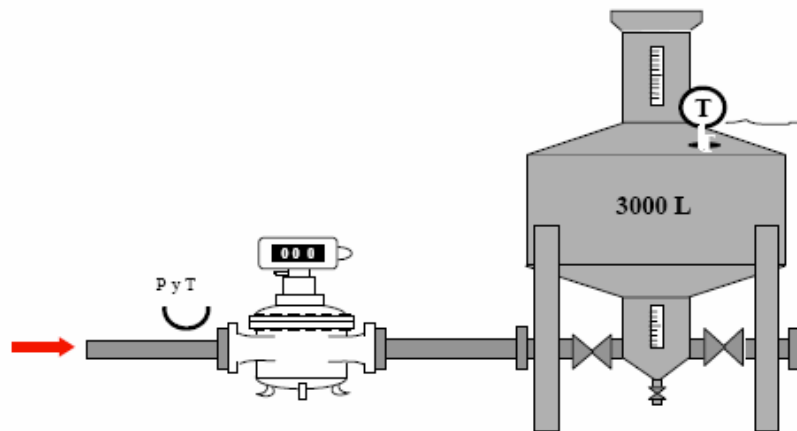


Figura 84. Esquema general para la calibración de medidores de flujo con señal de salida digital empleando como referencia un probador bidireccional de desplazamiento positivo.

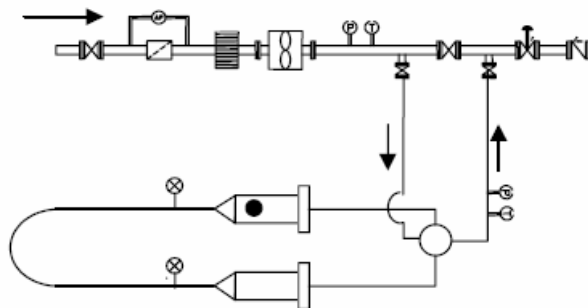


Figura 85. Esquema general para la calibración de medidores de flujo empleando como patrón de referencia un probador compacto de desplazamiento positivo.

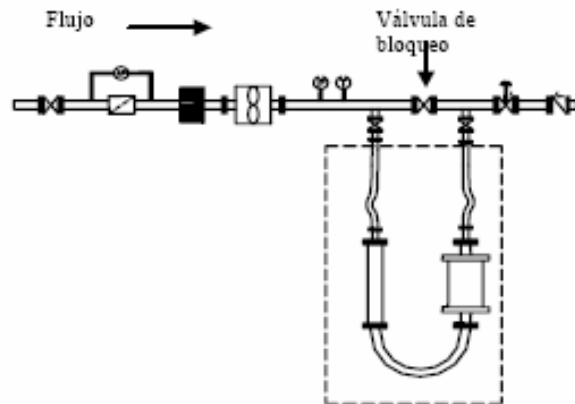
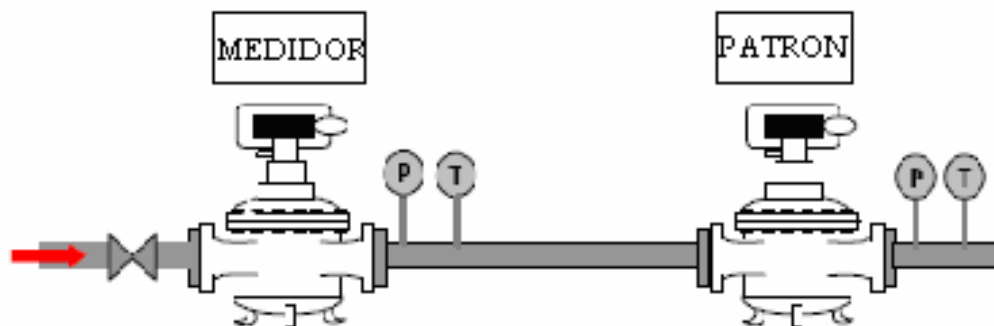


Figura 86. Esquema general para la calibración de medidores de flujo empleando como patrón de referencia un medidor de flujo.



CONCLUSIONES

Se logró definir los contenidos teóricos del Laboratorio de Sistemas de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos y se seleccionaron los equipos de pruebas que permitirán reforzarlos.

Se realizó la distribución en planta de los equipos de laboratorio y se determinaron las actividades necesarias para la adecuación de la planta física.

Se elaboró el contenido temático del laboratorio a través del Manual de Protocolo; el cual especifica la Misión, Visión y prácticas a realizar semestralmente.

Se realizó el diseño básico del Banco de Pruebas Fluidodinámicas y se elaboraron los planos de construcción; el cual permitirá a la Escuela contar con un banco para la realización de pruebas de transporte de fluidos y de caracterización de bombas rotativas de desplazamiento positivo.

Se realizó un análisis para la implementación del uso de software en el Laboratorio. Como resultado de dicho análisis se elaboró una guía para el uso del software ANSYS FLOTRAN como herramienta para estudio de la Dinámica de fluidos computacional, y del software PSIM para el estudio de sistemas de bombeo.

Adicionalmente se elaboró una guía para la aplicación de la Norma de Acreditación de Laboratorios de Ensayo y calibración ISO-IEC 17025 con el objetivo de orientar hacia el desarrollo adecuado de un sistema de gestión de

la calidad que fortalezca la prestación de servicios por parte del laboratorio. La guía será aplicable a la estructura de prestación de servicios y a los ensayos que se definieron en el Capítulo 6.

Con un enfoque hacia la prestación de servicios, se definieron los parámetros principales a tener en cuenta para el diseño de una banco de calibración de medidores de flujo; como parte del plan de prestación de servicios del Laboratorio.

Por último se elaboró el presupuesto total requerido para la compra de equipos de prueba y de medición portátiles, y al mismo tiempo el costo de las adecuaciones físicas al Laboratorio.

Con este trabajo de grado se entrega a la Escuela de Ingeniería Mecánica el diseño de un moderno laboratorio que permitirá cumplir los más altos estándares académicos y que al mismo tiempo se prepara para afrontar el reto de la prestación de servicios a la industria con calidad.

RECOMENDACIONES

Debido al elevado costo de la implementación del Laboratorio; los autores recomiendan llevarlo a cabo en varias etapas desde el año 2007 hasta el año 2010. Estas etapas se han planteado de la siguiente manera:

- Año 2007:
 - Ejecución de todas las adecuaciones físicas y adquisición de mobiliario.
 - Adquisición del Equipo Pump Lab.
 - Adquisición del Modulo de Turbinas gemelas y Unidad de control.
- Año 2008:
 - Adquisición de la unidad de demostración de turbina axial e interface IFD6
 - Adquisición del Equipo de demostración de Bomba de émbolo
 - Adquisición del equipo de caracterización de ventiladores centrífugos
- Año 2009
 - Adquisición del equipo de prueba de Golpe de ariete
 - Adquisición del equipo de pruebas de aire comprimido
- Año 2010
 - Adquisición del calibrador de presión
 - Adquisición del medidor de tamaño de partícula
 - Adquisición Viscosímetro Brookfield
 - Adquisición del medidor de presión portátil
 - Adquisición del medidor de flujo portátil
 - Adquisición del medidor de potencia eléctrica portátil

En el diseño del banco de pruebas fluidodinámicas se recomienda un estudio para identificar la factibilidad o adaptabilidad de su configuración para el diseño de un futuro banco de calibración de medidores de flujo. Debido a esto se recomienda el diseño de un sistema de control de temperatura del banco y de los parámetros de operación del mismo.

Se recomienda a la Escuela de Ingeniería Mecánica realizar la labor de determinar el grado de aceptación a nivel regional del tipo de servicios aquí mencionados y en base a ello iniciar el proceso de acreditación y la determinación de los ensayos a certificar en el laboratorio, de acuerdo a los lineamientos generales propuestos en este proyecto.

Debido al escaso tiempo semestral y a la cantidad de temas por cubrir en el laboratorio, se recomienda a los auxiliares un estricto manejo del tiempo de acuerdo a lo planteado en el proyecto. Para ello se debe exigir a los estudiantes la preparación de la teoría asociada a cada prueba antes de la realización de la misma.

Se recomienda realizar una revisión al Manual de Protocolo una vez que sean adquiridos los equipos propuestos, ya que el acceso a todas las capacidades experimentales solo se tendrá en el momento de la compra.

BIBLIOGRAFÍA

API STANDARD 650. Welded Steel Tanks for Oil Storage. American petroleum institute, 2000

Controls and Gages Catalogue. DWYER INSTRUMENTS 2006.

CRANE, Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, Mc Graw Hill, México, 1999.

ELSEVIER, Non-newtonian flow in the process industries. Butterworth Heinemann. 1999.

HOLMAN, J. P. Heat Transfer. Singapore: Mc. Graw Hill. 1992. 736 p.

INCROPERA, Frank P. y DeWitt, David P. Fundamentos de Transferencia de Calor. México: Prentice Hall. 1999. 912 p.

INSTALACIONES ELECTRICAS, Conceptos básicos y diseño, Neagu Bratu Serban, Eduardo Campero Littlewood, 1995.

MATAIX, Claudio, Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, Harper y Raw Publishers Inc, México, 1970.

POTTER, Merle C. y WIGGERT, David C., Mecánica de fluidos, Segunda edición, Prentice Hall, México, 1998.

Productos Iluminación Industrial-PHILIPS 2005

RETIE, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, , Anexo General,
Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia. 2005

ANEXOS

ANEXO A. PLANOS DEL LABORATORIO

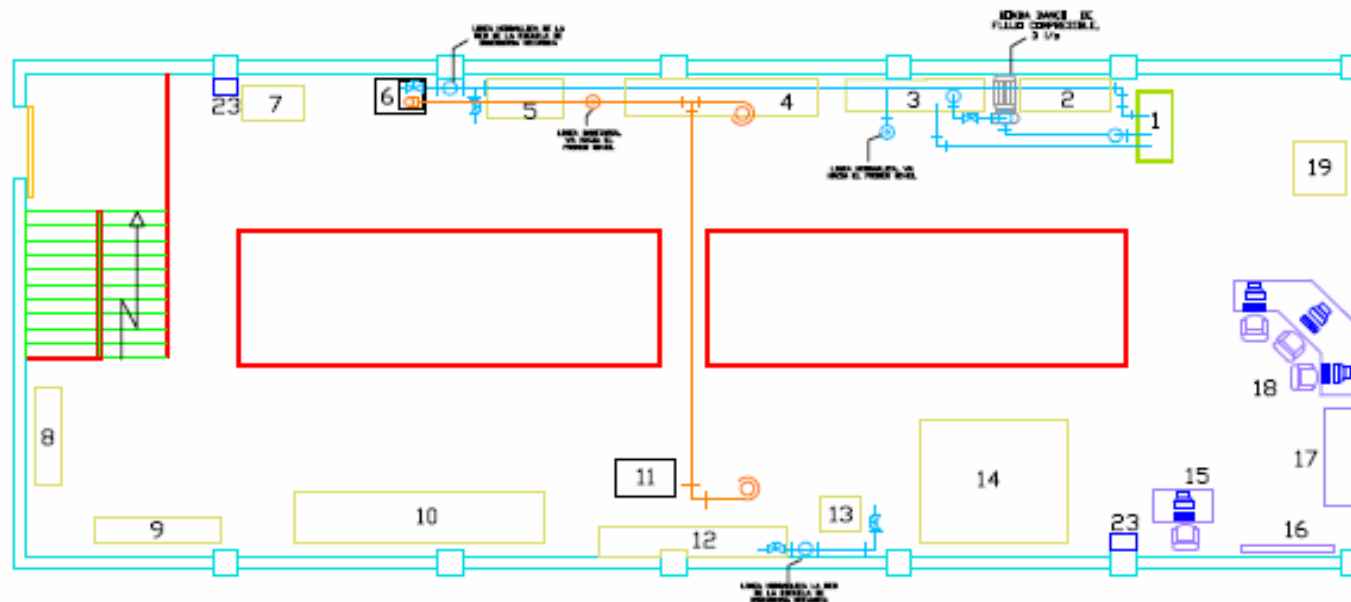









TABLA DE SIMBOLOS

	LÍNEA HIDRAULICA		CORDO 90° EN SUBIDA/BAJADA
	LÍNEA SANITARIA		SIFON DE POSETA
	VALVULA		
	TEE EN BAJADA		
	SIFON		

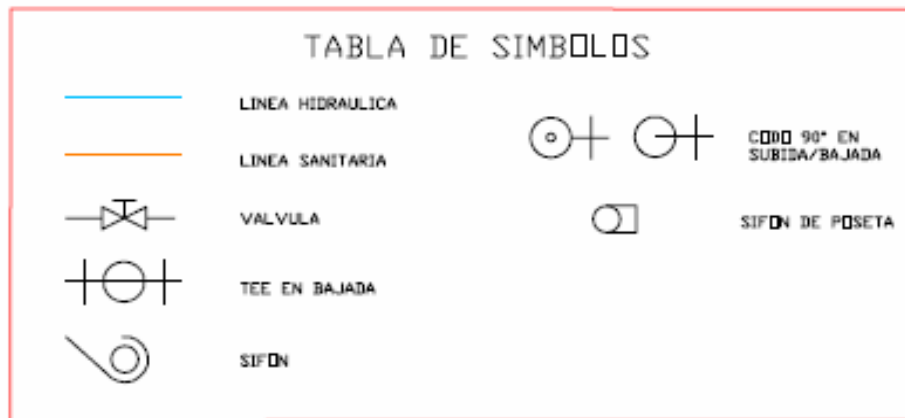
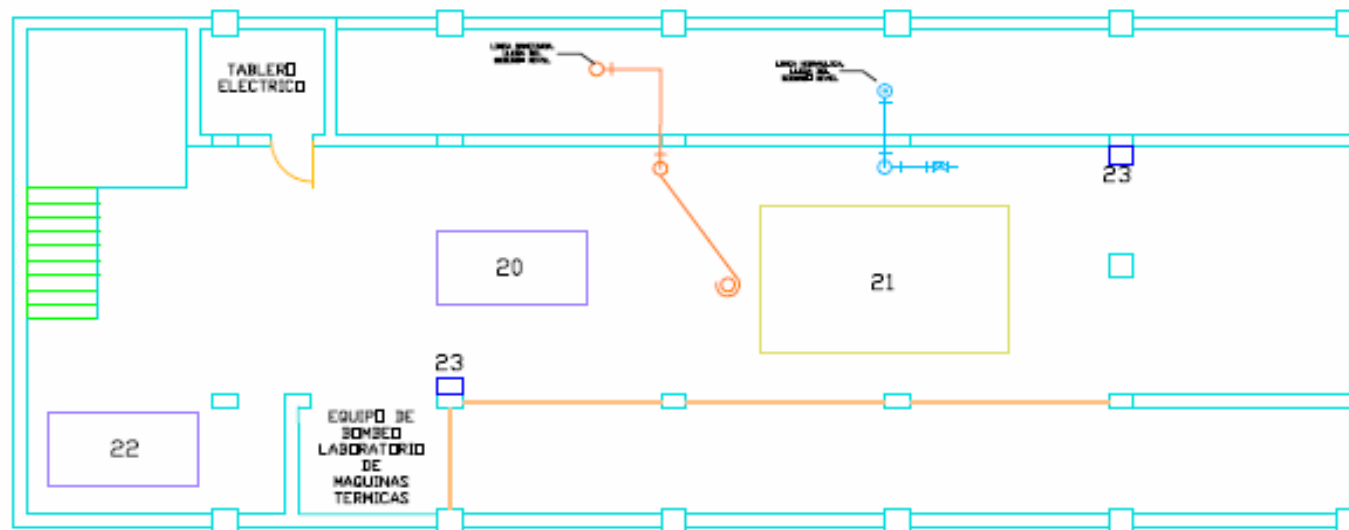
Nº	DETALLE
1	TANQUE ELEVADO
2	TANQUE AUTOMATIZACION CONTROL DE NIVEL
3	BANCO DE FLUIDO COMPRESIBLE
4	BANCO DE GOLPE DE ARRETE
5	BANCO DE CAVITACION EN VALVULAS
6	RESERVOIR DE SERVICIO
7	BANCO DE CARACTERIZACION DE BOMBAS CENTRIFUGAS
8	BANCO DE VISUALIZACION DE VALVULAS
9	BANCO DE DISPOSITIVOS DE SELLADO INDUSTRIAL
10	BANCO DE PRUEBA DE VENTILADORES
11	RESERVOIR MULTIPROPOSITO
12	BANCO DE SISTEMAS NEUMATICOS PRECARGADOS
13	BANCO DE TURBINA AXIAL
14	BANCO DE ENSAYO DE TURBINAS
15	ESCRITORIO PRINCIPAL
16	TARJETA
17	MUEBLE DE ALMACENAMIENTO
18	SALA DE COMPUTADORES
19	BANCO DE BOMBAS RECIPROCANTE
20	MESA PARA ENSAYO DE BOMBAS CENTRIFUGAS
21	BANCO DE PRUEBAS FLUJODINAMICAS
22	MESA PARA MANTENIMIENTO
23	ELEMENTOS DE SEGURIDAD, EXTINTORES

UIS

PLANO DE ADECUACIONES
HIDRAULICAS, SANITARIAS Y
DISTRIBUCION DE PLANTA DE LA
SALA N° 2 DEL LABORATORIO

CONTENIDO:
SEGUNDO NIVEL

1



Nº	DETALLE
1	TANQUE ELEVADO
2	TANQUE AUTOMATIZACION CONTROL DE NIVEL
3	BANCO DE FLUJO COMPRESIBLE
4	BANCO DE GOLPE DE ARRIETE
5	BANCO DE CAVITACION EN VALVULAS
6	RESON DE SERVICO
7	BANCO DE CARACTERIZACION DE BOMBAS CENTRIFUGAS
8	BANCO DE VISUALIZACION DE VALVULAS
9	BANCO DE DISPOSITIVOS DE SOLLADO INDUSTRIAL
10	BANCO DE PRUEBA DE VENTILADORES
11	RESON MULTIPROPOSITO
12	BANCO DE SISTEMAS NEUMATICOS PRECARGADOS
13	BANCO DE TURBINA AXIAL
14	BANCO DE DESAYO DE TURBINAS
15	ESCRIITORIO PRINCIPAL
16	TABLERO
17	MUEBLE DE ALMACENAMIENTO
18	SALA DE COMPUTADORES
19	BANCO DE BOMBAS RECIPROCANTE
20	MESA PARA DESARME DE BOMBAS CENTRIFUGAS
21	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS
22	MESA PARA MANTENIMIENTO
23	FLORINDO DE SEGURIDAD, EXTINTORES

UIS

PLANO DE ADECUACIONES
HIDRAULICAS, SANITARIAS Y
DISTRIBUCION DE PLANTA DE LA
SALA N° 2 DEL LABORATORIO

CONTENIDO:
PRIMER NIVEL

2

De 6

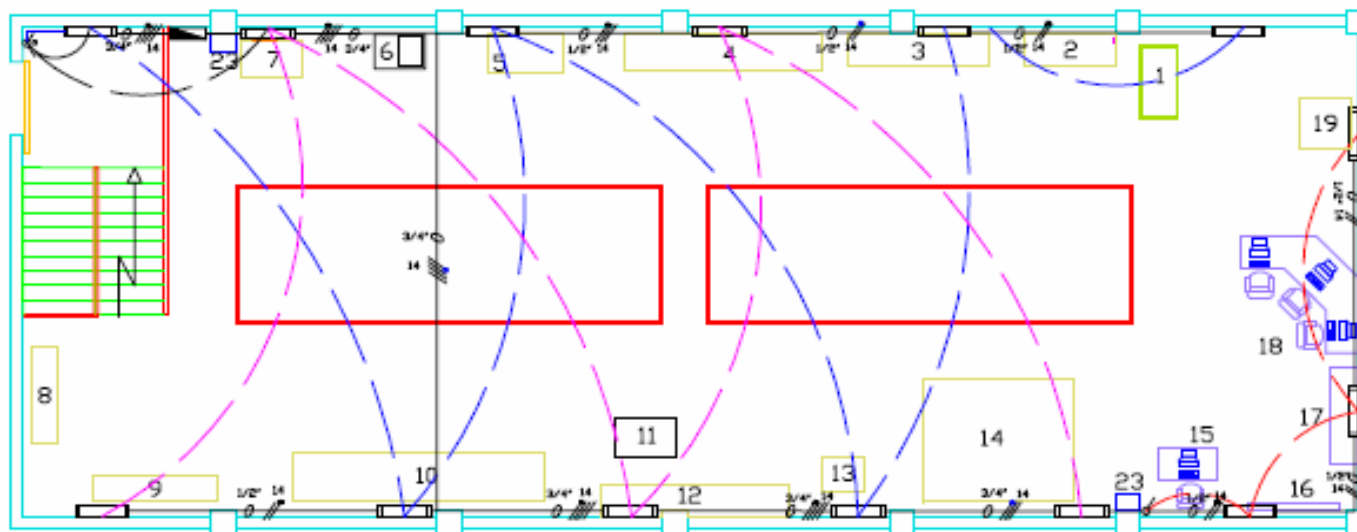
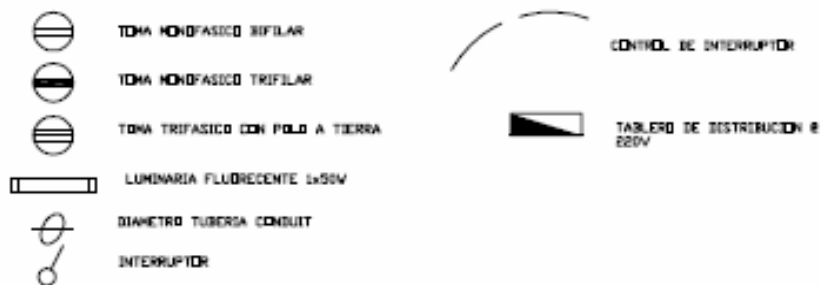


TABLA DE SIMBOLOS



Nº	DETALLE
1	TABLERE ELEVADO
2	TABLERE AUTOMATIZACION (CHIVO) DE NIVEL
3	SANCO DE FLUIDO COMPRESIBLE
4	SANCO DE GOLPE DE ARRETE
5	SANCO DE CARACTERIZACION DE ROMAS CENTRIFUGAS
6	HECHON DE SERVICIO
7	SANCO DE CAVITACION OROP LAMP
8	SANCO DE VISUALIZACION DE VALVULAS
9	SANCO DE DISPOSITIVOS DE SELLADO INDUSTRIAL
10	SANCO DE PRUEBA DE VENTILADORES
11	HECHON MULTIPROPOSITO
12	SANCO DE SISTEMAS NEUMATICOS PRECARGADOS
13	SANCO DE TURBINA AXIAL
14	SANCO DE ENSAYO DE TURBINAS
15	ESCRITORIO PRINCIPAL
16	TABLERE
17	MUEBLE DE ALMACENAMIENTO
18	SALA DE COMPUTADORES
19	SANCO DE ROMAS RECORRIENTES
20	MESA PARA DESARRE DE ROMAS CENTRIFUGAS
21	SANCO DE PROEBSA FLUIDOENANCAAS
22	MESA PARA MANTENIMIENTO
23	ELEMENTOS DE SEGURIDAD EXTERIORES

UIS

PLANO DE ADECUACIONES DE ILUMINACION Y DISTRIBUCION DE PLANTA DE LA SALA N° 2 DEL LABORATORIO

CONTENIDO
SEGUNDO NIVEL

3

De 6

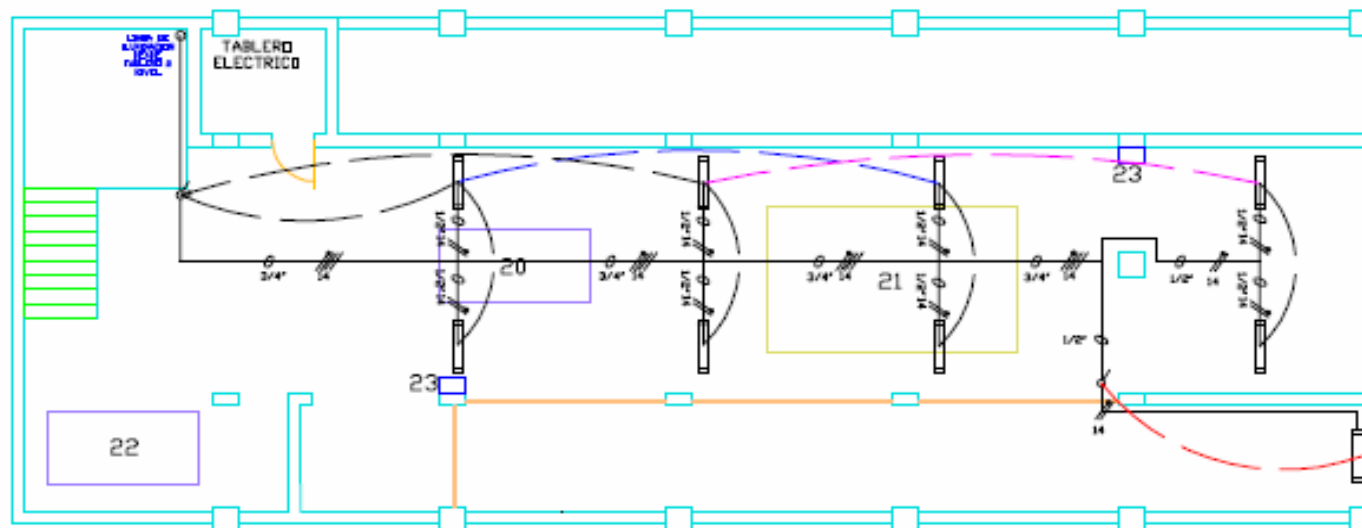



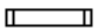




TABLA DE SIMBOLOS

-  TONA MONOFASICO BIFILAR
-  TONA MONOFASICO TRIFILAR
-  TONA TRIFASICO CON POLO A TIERRA
-  LUMINARIA FLUORESCENTE 4x50W
-  DIAMETRO TUBERIA CONDUIT
-  INTERRUPTOR

-  CONTROL DE INTERRUPTOR
-  TABLERO DE DISTRIBUCION 220V

N°	DETALLE
1	TABLERO ELEVADO
2	TABLERO AUTOMATIZACION CONTROL DE NIVEL
3	BANCO DE FILTRO COMPRESOR
4	BANCO DE GOLPE DE ARRIETE
5	BANCO DE CAVITACION EN VALVULAS
6	NEON DE SERVICIO
7	BANCO DE CARACTERIZACION DE BOMBAS CENTRIFUGAS
8	BANCO DE VISUALIZACION DE VALVULAS
9	BANCO DE DISPOSITIVOS DE SELLAJO INDUSTRIAL
10	BANCO DE PRUEBA DE VENTILADORES
11	NEON MULTIPROPOSITO
12	BANCO DE SISTEMAS NEUMATICOS PRECARGADOS
13	BANCO DE TURBINA AXIAL
14	BANCO DE ENSAYO DE TURBINAS
15	ESCALONADO PRINCIPAL
16	TABLERO
17	MUEBLE DE ALMACENAMIENTO
18	SALA DE COMPUTADORES
19	BANCO DE BOMBAS RECIPROCANTE
20	MESA PARA DESARME DE BOMBAS CENTRIFUGAS
21	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS
22	MESA PARA MANTENIMIENTO
23	ELEMENTOS DE SEGURIDAD, EXTINTORES

UIS

PLANO DE ADECUACIONES DE ILUMINACION Y DISTRIBUCION DE PLANTA N° 2 DEL LABORATORIO

CONTENIDO:
PRIMER NIVEL

4

De 6

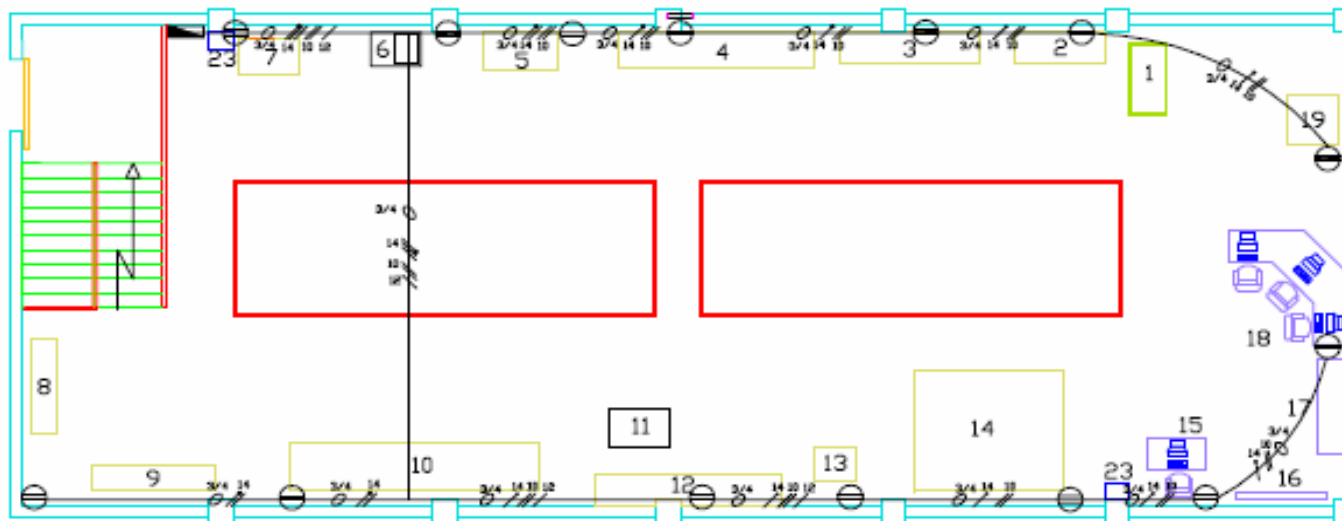
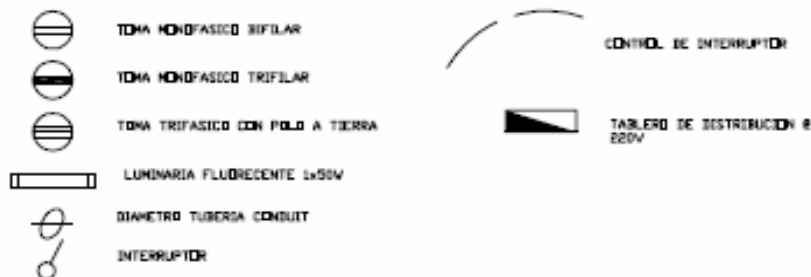


TABLA DE SIMBOLOS



N°	DETALLE
1	TAMBE ELEVADO
2	TAMBE AUTOMATIZACION (OTRO) DE NIVEL
3	BANCO DE FLUIDO COMPRESIBLE
4	BANCO DE GOLPE DE ARBETE
5	BANCO DE CARACTERIZACION DE BOMBAS CENTRIFUGAS
6	HECHO DE SERVICIO
7	BANCO DE CANTIDAD PUMP LAMP
8	BANCO DE VISUALIZACION DE VALVULAS
9	BANCO DE DISPOSITIVOS DE SELLADO INDUSTRIAL
10	BANCO DE PRUEBA DE VENTILADORES
11	RESON MULTIPROPOSITO
12	BANCO DE SISTEMAS NEUMATICOS PRECARGADOS
13	BANCO DE TURBINA AXIAL
14	BANCO DE ENSAYO DE TURBINAS
15	ESCRITORIO PRINCIPAL
16	TABLERO
17	MUCLE DE ALMACENAMIENTO
18	SALA DE COMPUTADORES
19	BANCO DE BOMBAS RECOPROANTES
20	MESA PARA DESARME DE BOMBAS CENTRIFUGAS
21	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS
22	MESA PARA MANTENIMIENTO
23	ELEMENTOS DE SEGURIDAD, EXTINTORES

UIS

PLANO DE ADECUACIONES
ELECTRICAS Y DISTRIBUCION DE
PLANTA DE LA SALA N° 2 DEL
LABORATORIO

CONTENIDO
SEGUNDO NIVEL

5
De 6

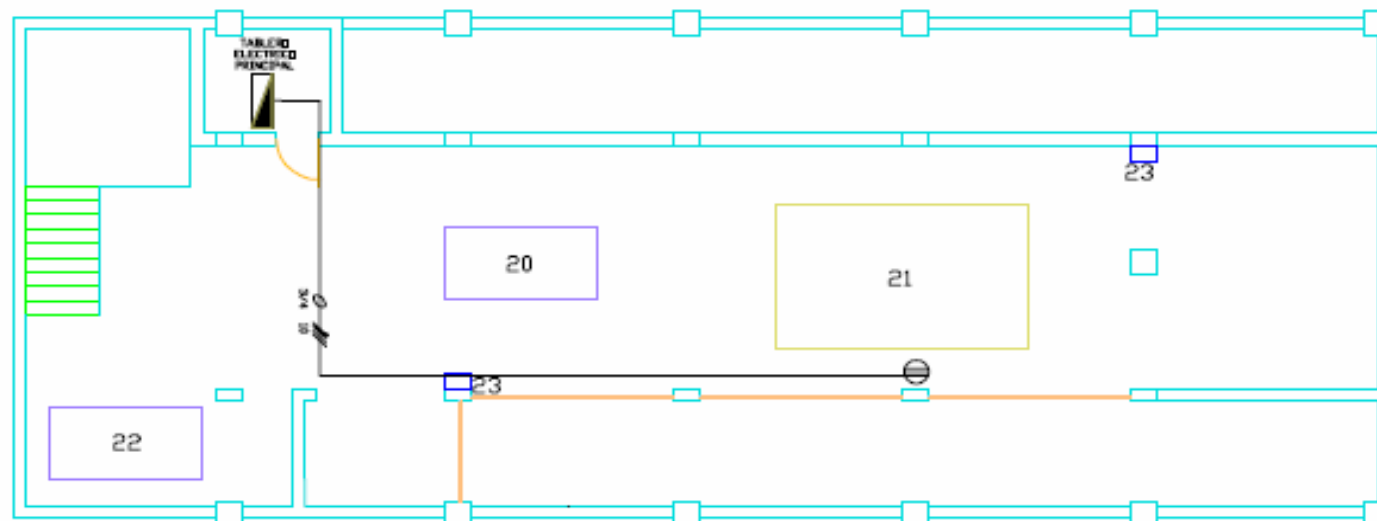


TABLA DE SIMBOLOS

	TONA MONOFASICO BIFILAR		CONTROL DE INTERRUPTOR
	TONA MONOFASICO TRIFILAR		TABLERO DE DISTRIBUCION 0 220V
	TONA TRIFASICO CON POLO A TIERRA		
	LUMINARIA FLUORESCENTE 1x30W		
	DIAMETRO TUBERIA CONDUIT		INTERRUPTOR

Nº	DETALLE
1	TANQUE ELEVADO
2	TANQUE AUTOMATIZACION CONTROL DE NIVEL
3	BANCO DE FLUIDO COMPRESIBLE
4	BANCO DE GOLPE DE ARRETE
5	BANCO DE CAVITACION EN VALVULAS
6	HECEN DE SERVICIO
7	BANCO DE CARACTERIZACION DE BOMBAS CENTRIFUGAS
8	BANCO DE VISUALIZACION DE VALVULAS
9	BANCO DE RESISTIVOS DE SELLADO INDUSTRIAL
10	BANCO DE PRUEBA DE VENTILADORES
11	HECEN MULTIPROPOSITO
12	BANCO DE SISTEMAS NEUMATICOS PRECARGADOS
13	BANCO DE TURBINA AXIAL
14	BANCO DE ENSAYO DE TURBINAS
15	ESCRITORIO PRINCIPAL
16	TABLERO
17	MOBILI DE ALMACENAMIENTO
18	SALA DE COMPUTADORES
19	BANCO DE BOMBAS RECIPROCANTE
20	MESA PARA DESARME DE BOMBAS CENTRIFUGAS
21	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS
22	MESA PARA MANTENIMIENTO
23	ELEMENTOS DE SEGURIDAD, EXTINTORES

UIS

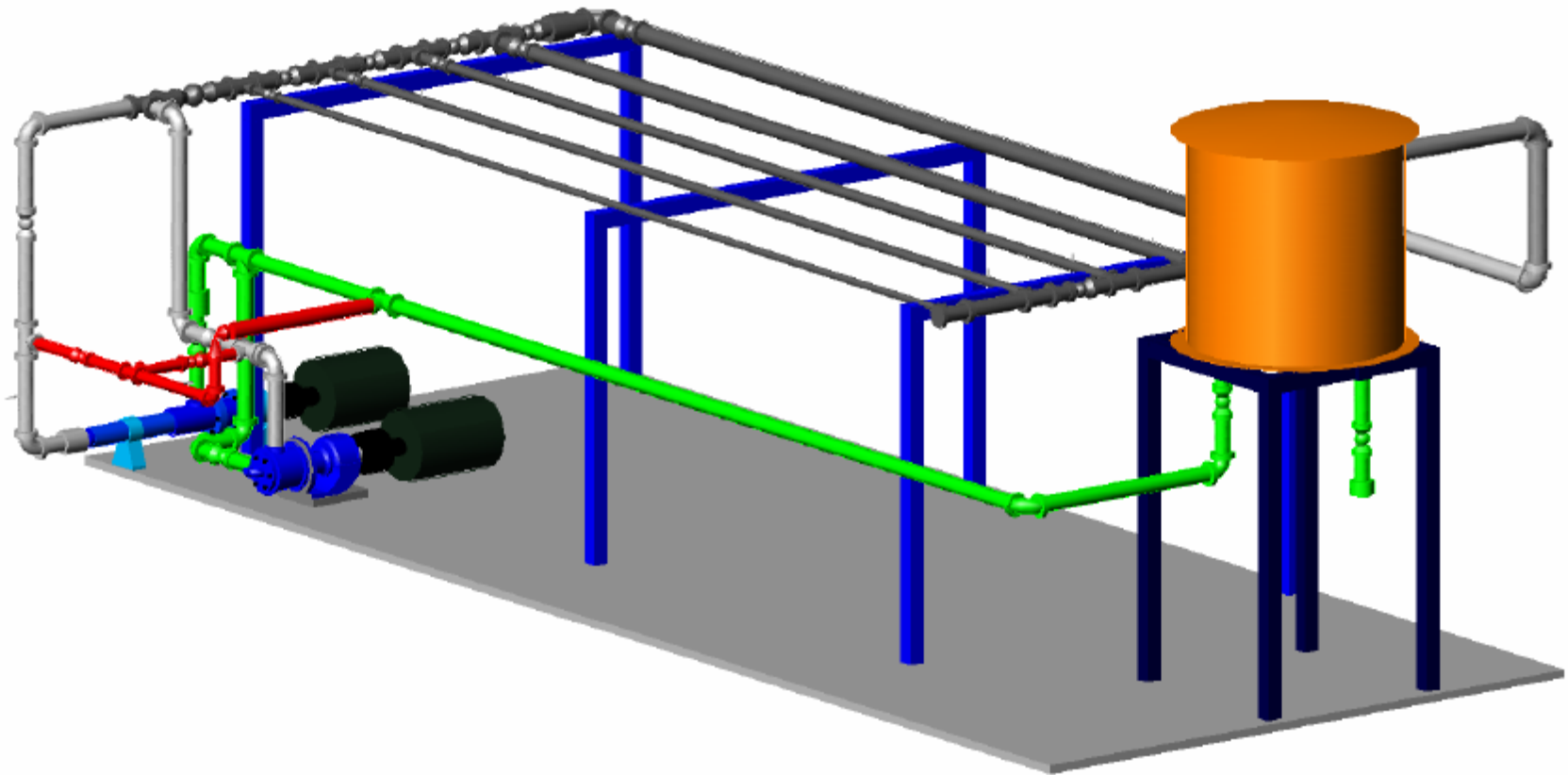
PLANO DE ADECUACIONES
ELECTRICAS Y DISTRIBUCION DE
PLANTA DE LA SALA N° 2 DEL
LABORATORIO

CONTENIDO:
PRIMER NIVEL

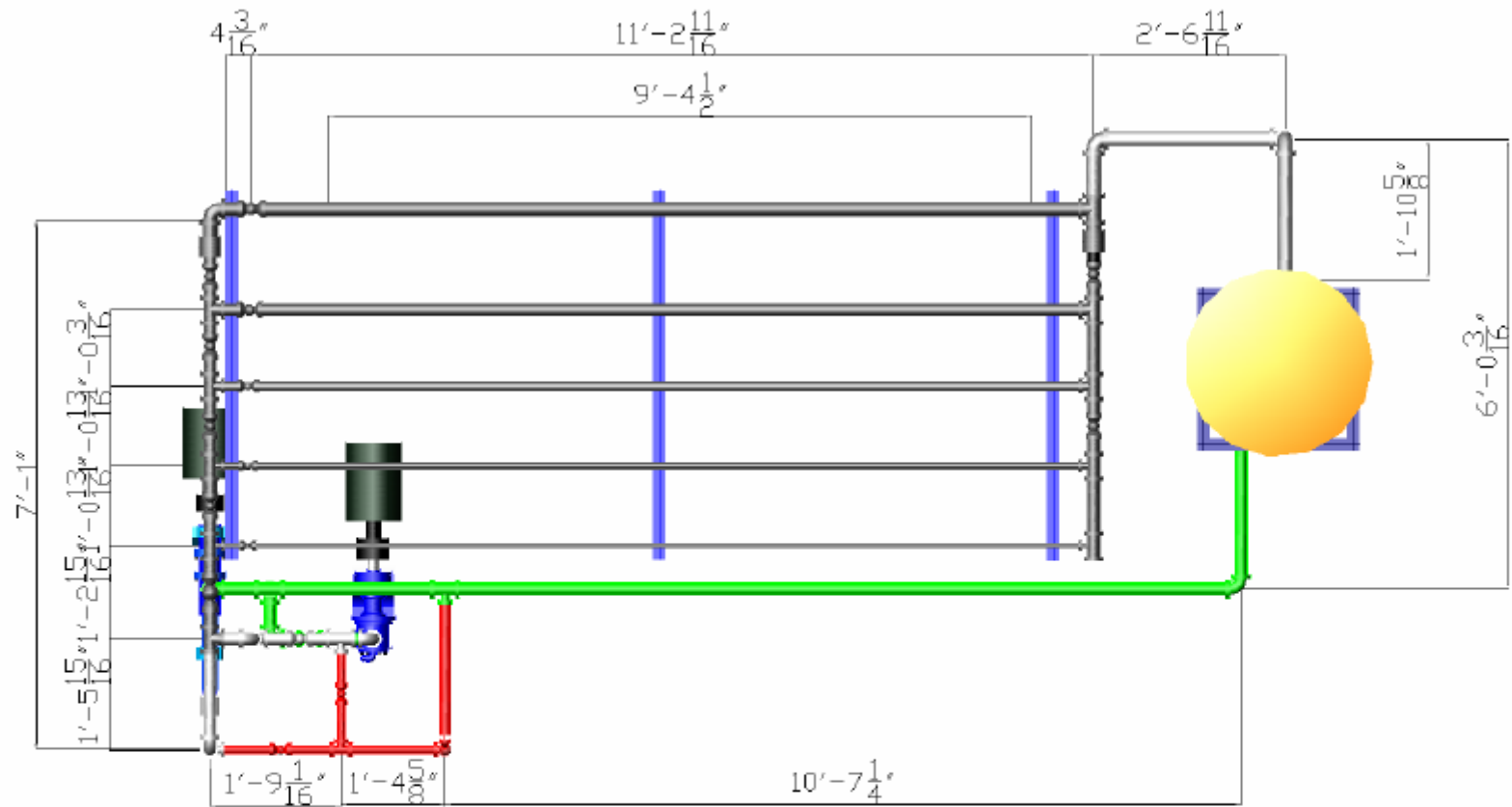
6

De 6

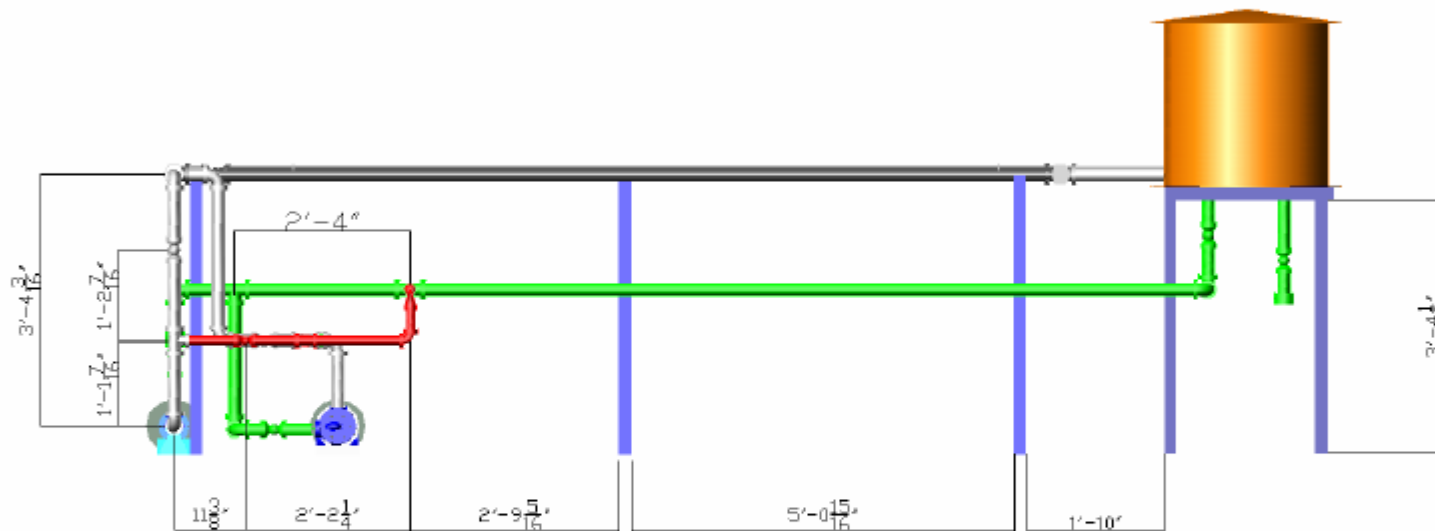
ANEXO B. PLANOS DEL BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS



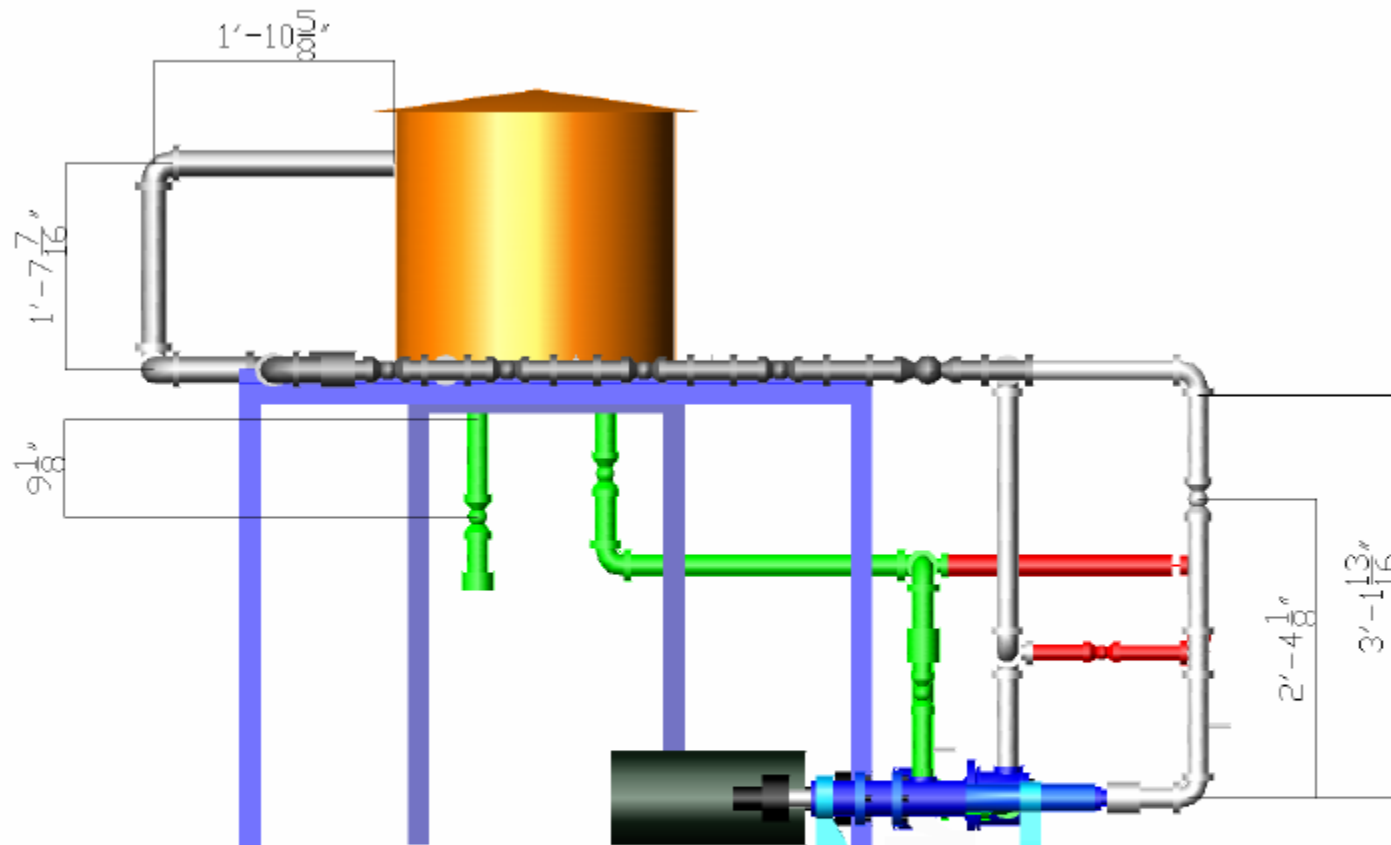
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N°	1
APROBADO		PLANO N°	1
APROBADO			REV. 1
ESCALA			1



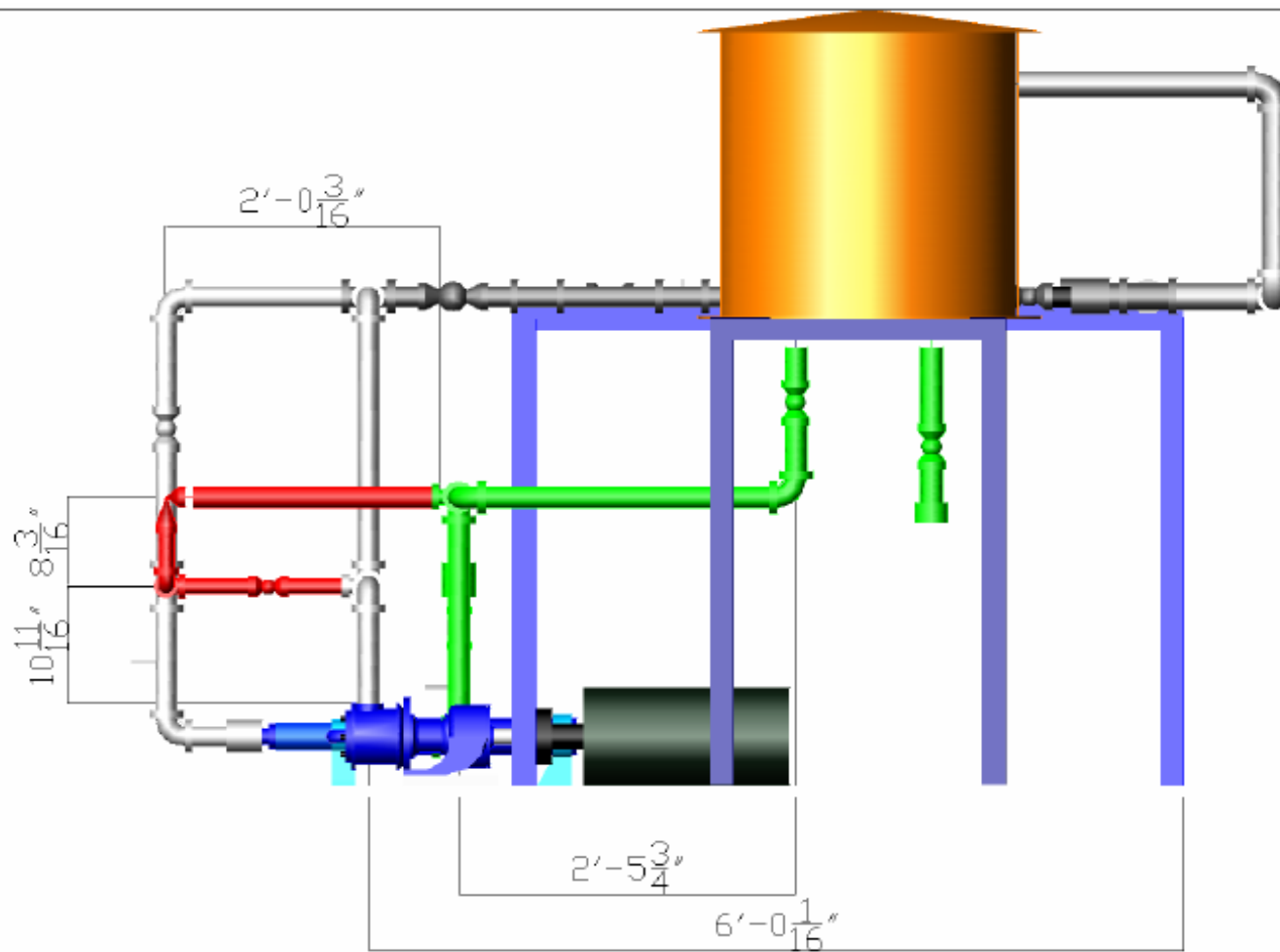
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS		
DIBUJO				
REVISO		TRABAJO N°	1	
APROBADO		PLANO N°	2	REV: 1
ESCALA				



	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N°	1
APROBADO		PLANO N°	3
ESCALA			REV: 1



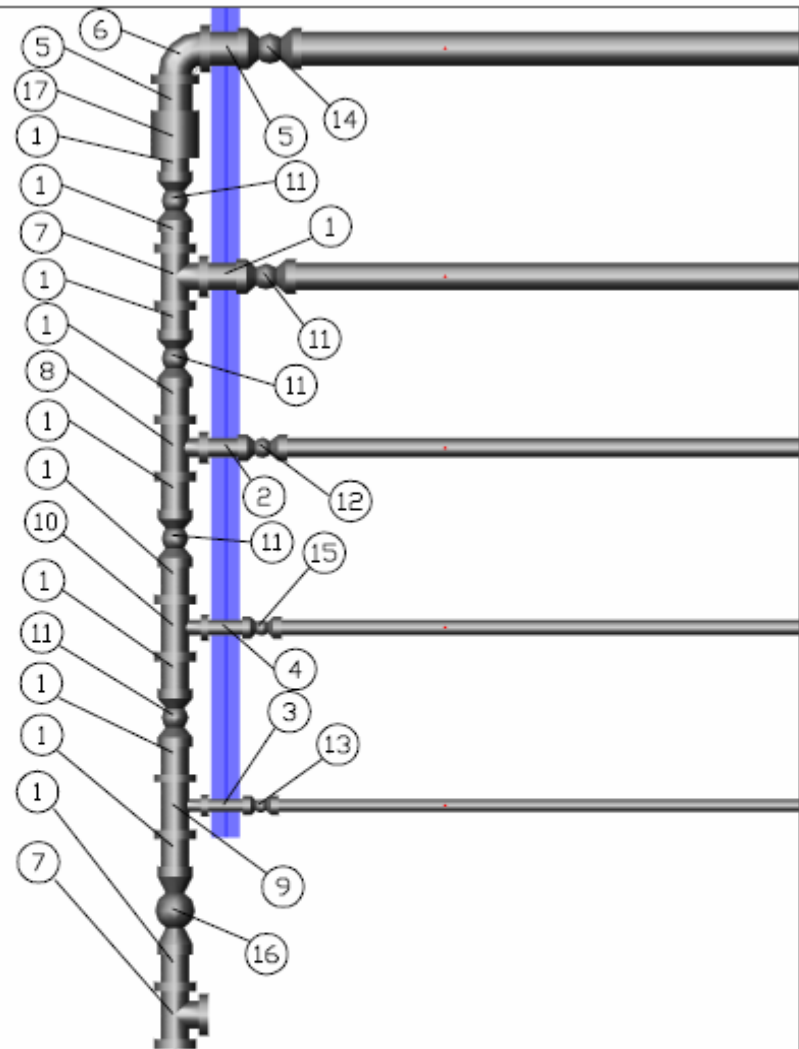
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS		
DIBUJO				
REVISO		TRABAJO N°	1	
APROBADO		PLANO N°	4	REV. 1
ESCALA				



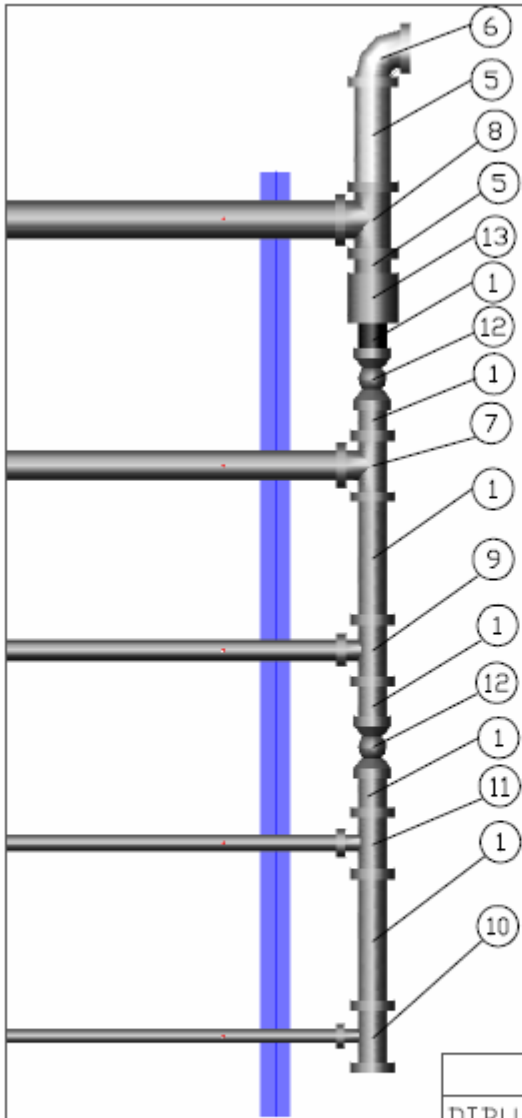
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS		
DIBUJO				
REVISO		TRABAJO N°	1	
APROBADO		PLANO N°	5	REV: 1
APROBADO				
ESCALA				

LISTADO DE MATERIALES

ITEM	CANT	TAMARO	DESCRIPCION	LONGITUD
1	1	1 1/2"	TUBO SCH/40, ASTM A-106 GR B	14'-7 1/8"
2	1	1"	TUBO SCH/40, ASTM A-106 GR B	11'-4 3/8"
3	1	1/2"	TUBO SCH/40, ASTM A-106 GR B	11'-4 3/16"
4	1	3/4"	TUBO SCH/40, ASTM A-106 GR B	11'-4 1/16"
5	1	2"	TUBO SCH/40, ASTM A-106 GR B	11'-8"
6	1	2"	COUDO 90° SCH/40 THRD, ASTM A-105	
7	2	1 1/2"	TEE, SCH/40 THRD, ASTM A-105	
8	1	1 1/2"x1"	TEE, REDUCTORA SCH/40 THRD, ASTM A-105	
9	1	1 1/2"x1/2"	TEE, REDUCTORA SCH/40 THRD, ASTM A-105	
10	1	1 1/2"x3/4"	TEE, REDUCTORA SCH/40 THRD, ASTM A-105	
11	5	1 1/2"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD	
12	1	1"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD	
13	1	1/2"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD	
14	1	2"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD	
15	1	3/4"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD	
16	1	1 1/2"	VALVULA DE GLOBO, RATING 150 THRD	
17	1	2"x1 1/2"	ACOPLE REDUCTOR SCH/40 THRD, ASTM A-105	



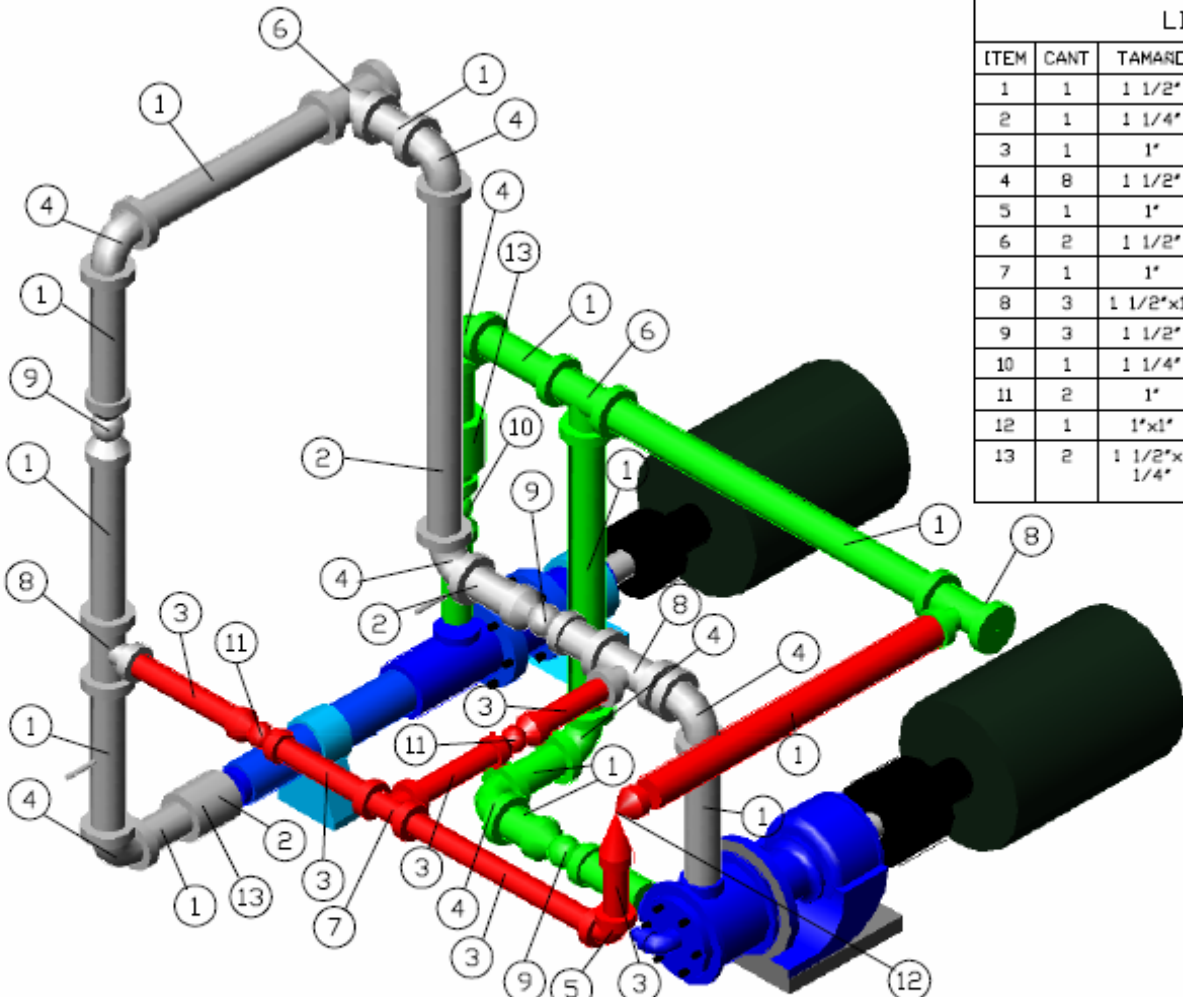
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N°	1
APROBADO		PLANO N°	6
ESCALA			REV: 1



LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT	TAMARO	DESCRIPCION	LONGITUD
1	1	1 1/2"	TUBO, SCH/40, ASTM A-106 GR B	13'-7 11/16"
2	1	1"	TUBO, SCH/40, ASTM A-106 GR B	11'-0 3/8"
3	1	1/2"	TUBO, SCH/40, ASTM A-106 GR B	11'-0 3/4"
4	1	3/4"	TUBO, SCH/40, ASTM A-106 GR B	11'-0 9/16"
5	1	2"	TUBO, SCH/40, ASTM A-106 GR B	11'-9 15/16"
6	1	2"	COUDO 90°, SCH/40 THRD, ASTM A-105	
7	1	1 1/2"	TEE, SCH/40 THRD, ASTM A-105	
8	1	2"	TEE, SCH/40 THRD, ASTM A-105	
9	1	1 1/2"x1"	TEE, REDUCTORA SCH/40 THRD, ASTM A-105	
10	1	1/2"x1/2"	TEE, REDUCTORA SCH/40 THRD, ASTM A-105	
11	1	1/2"x3/4"	TEE, REDUCTORA SCH/40 THRD, ASTM A-105	
12	2	1 1/2"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD	
13	1	2"x1 1/2"	ACOPLE REDUCTOR SCH/40 THRD, ASTM A-105	

	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS		
DIBUJO				
REVISO		TRABAJO N°	1	
APROBADO		PLANO N°	7	REV: 1
APROBADO				
ESCALA				

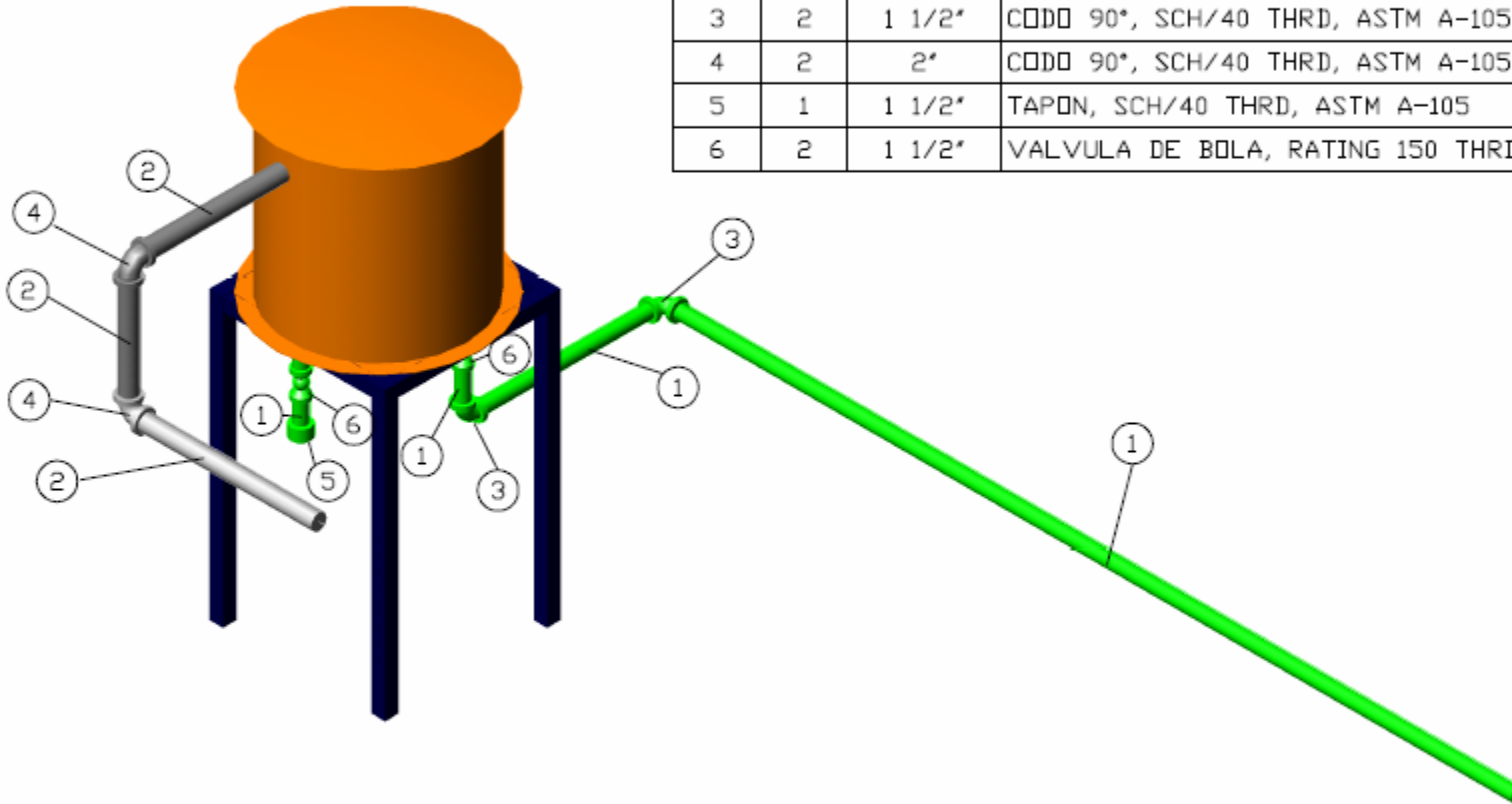


LISTADO DE MATERIALES			
ITEM	CANT	TAMARO	DESCRIPCION
1	1	1 1/2"	TUBO, SCH/40 SEAMLESS, ASTM A-106 GR B
2	1	1 1/4"	TUBO, SCH/40 SEAMLESS, ASTM A-106 GR B
3	1	1"	TUBO, SCH/40 SEAMLESS, ASTM A-106 GR B
4	8	1 1/2"	COUDO 90°, SCH/40 THRD, ASTM A-105
5	1	1"	COUDO 90°, SCH/40 THRD, ASTM A-105
6	2	1 1/2"	TEE, SCH/40 THRD, ASTM A-105
7	1	1"	TEE, SCH/40 THRD, ASTM A-105
8	3	1 1/2"x1"	TEE, REDUCTORA SCH/40, ASTM A-105
9	3	1 1/2"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD
10	1	1 1/4"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD
11	2	1"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD
12	1	1"x1"	VALVULA DE ALIVIO, 300LB THRD
13	2	1 1/2"x1 1/4"	ACOPLE REDUCTOR SCH/40 THRD, ASTM A-105

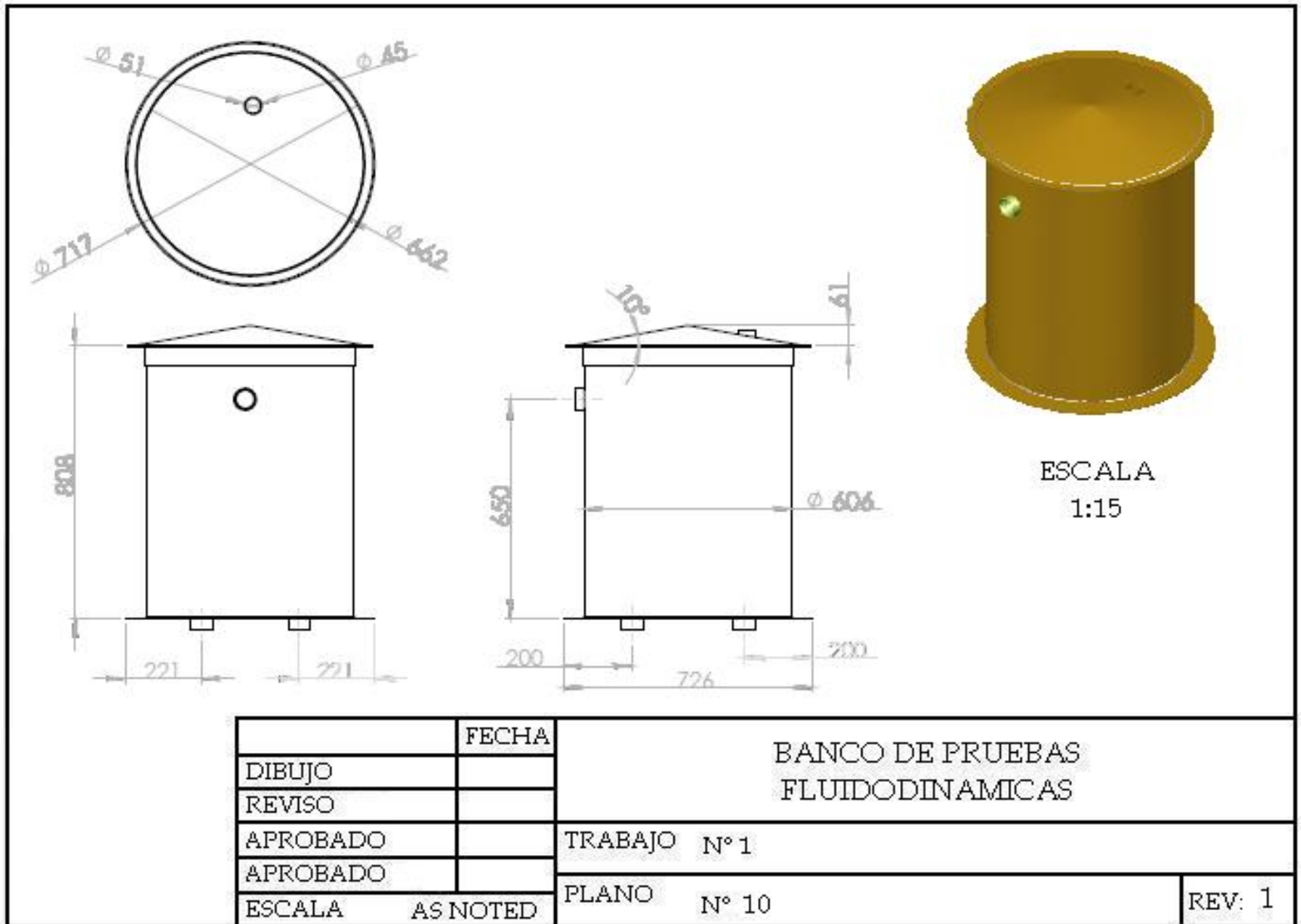
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS		
DIBUJO				
REVISO		TRABAJO N°	1	
APROBADO		PLANO N°	8	REV: 1
APROBADO				
ESCALA				

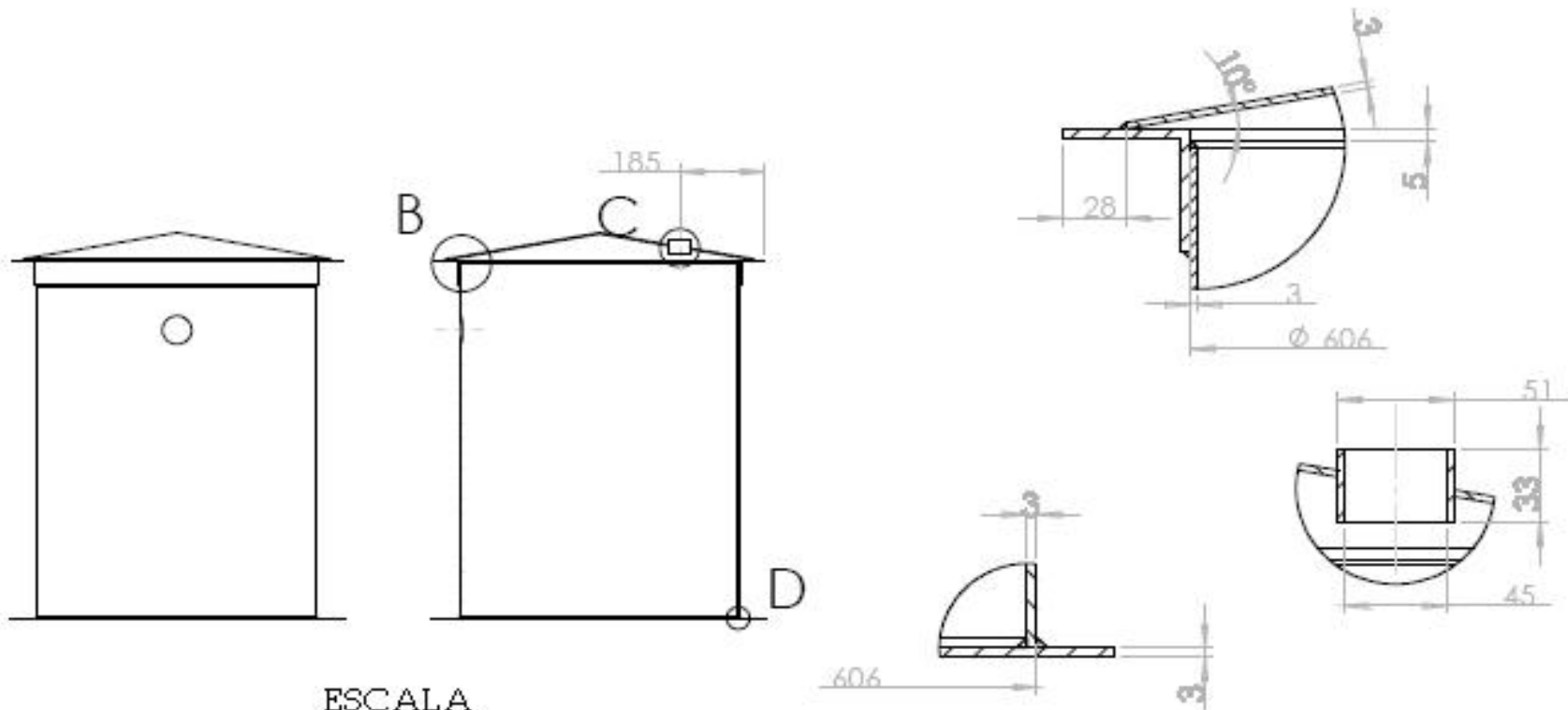
LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT	TAMAÑO	DESCRIPCION
1	1	1 1/2"	TUBO, SCH/40 SEAMLESS, ASTM A-106 GR B
2	1	2"	TUBO, SCH/40 SEAMLESS, ASTM A-106 GR B
3	2	1 1/2"	CODO 90°, SCH/40 THRD, ASTM A-105
4	2	2"	CODO 90°, SCH/40 THRD, ASTM A-105
5	1	1 1/2"	TAPON, SCH/40 THRD, ASTM A-105
6	2	1 1/2"	VALVULA DE BOLA, RATING 150 THRD



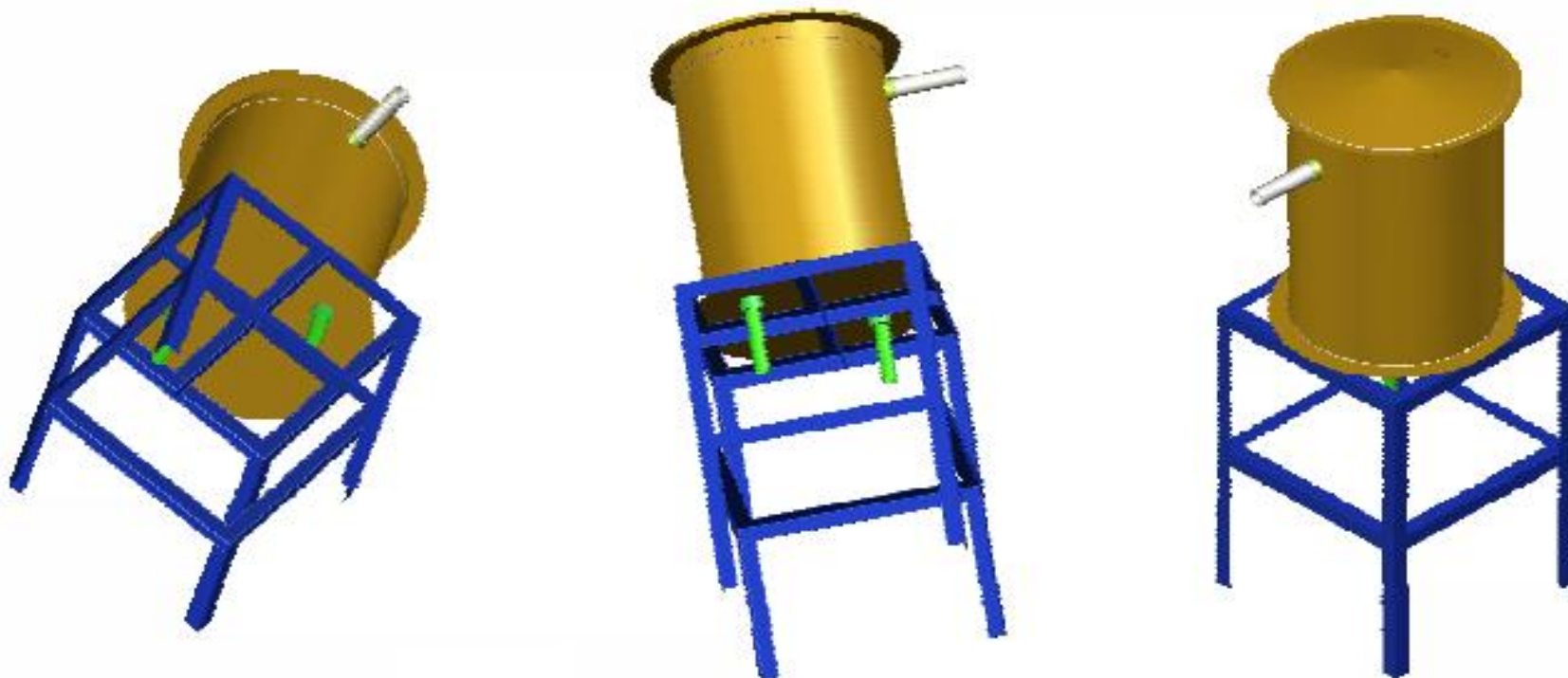
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N°	1
APROBADO		PLANO N°	9
APROBADO			REV: 1
ESCALA			





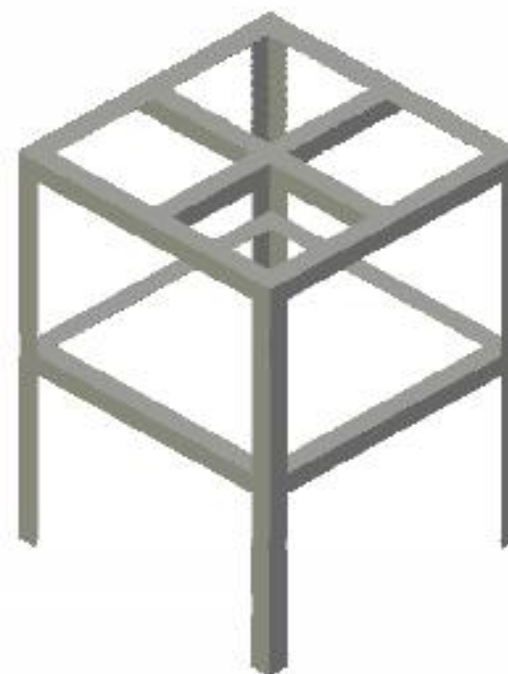
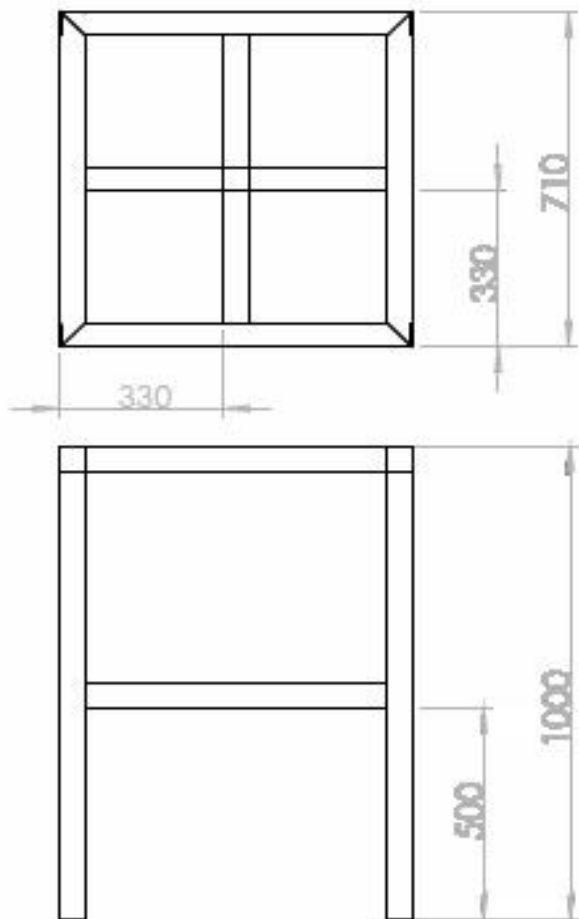
ESCALA
1:15

	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N° 1	
APROBADO			
APROBADO		PLANO N° 11	
ESCALA	AS NOTED		
			REV: 1

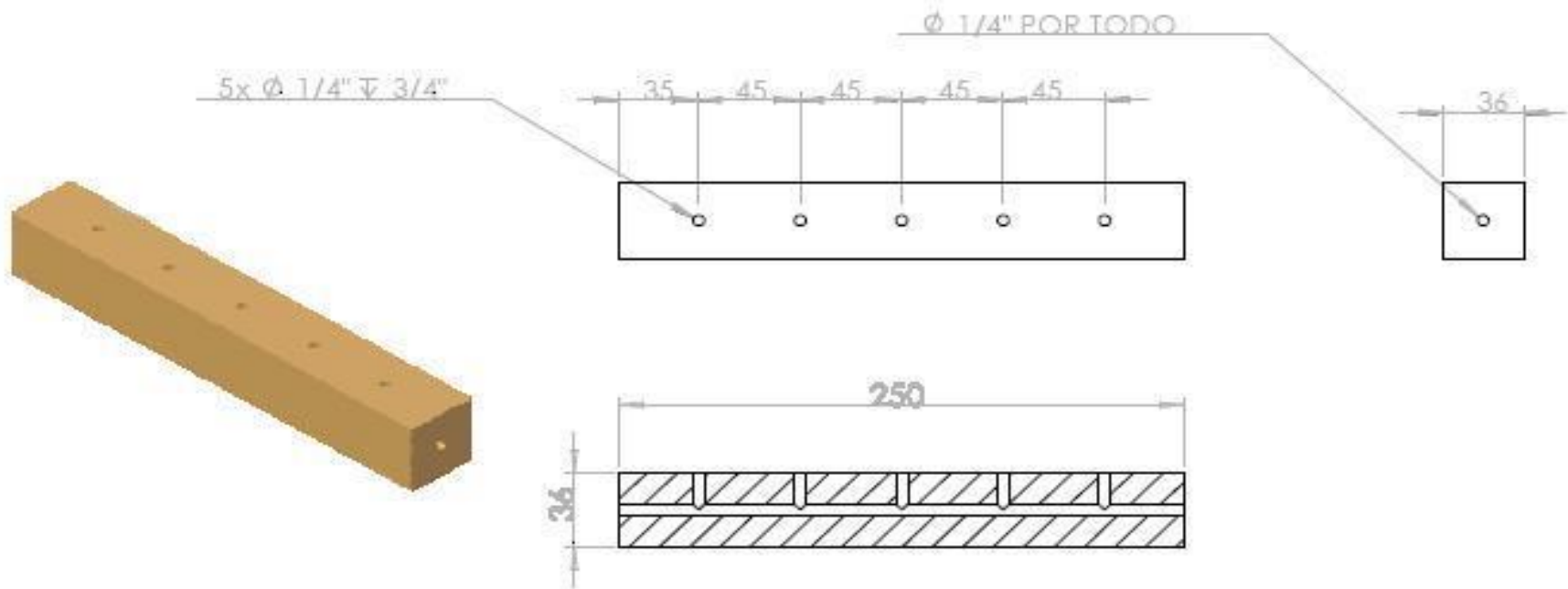


ESCALA
1:20

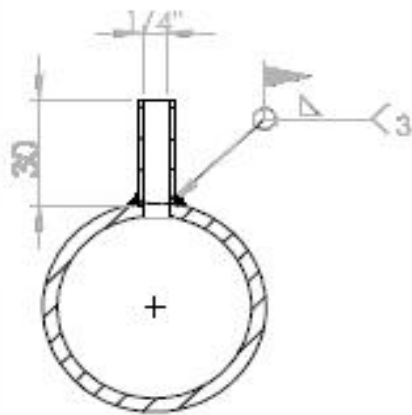
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N° 1	
APROBADO			
APROBADO		PLANO N° 12	
ESCALA	AS NOTED		
		REV: 1	



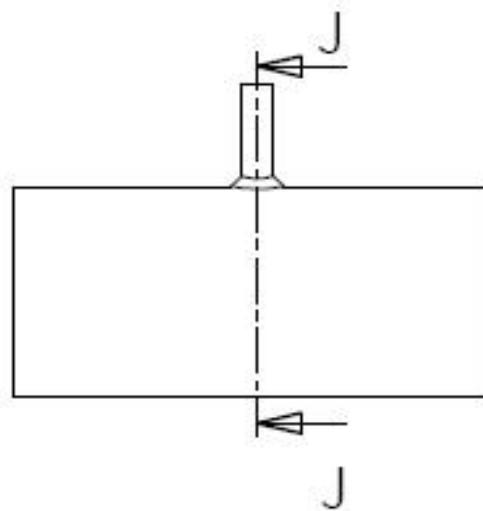
	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N° 1	
APROBADO			
APROBADO		PLANO N° 13	
ESCALA	AS NOTED		
			REV: 1



	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N° 1	
APROBADO			
APROBADO		PLANO N° 14	
ESCALA	AS NOTED		
		REV: 1	

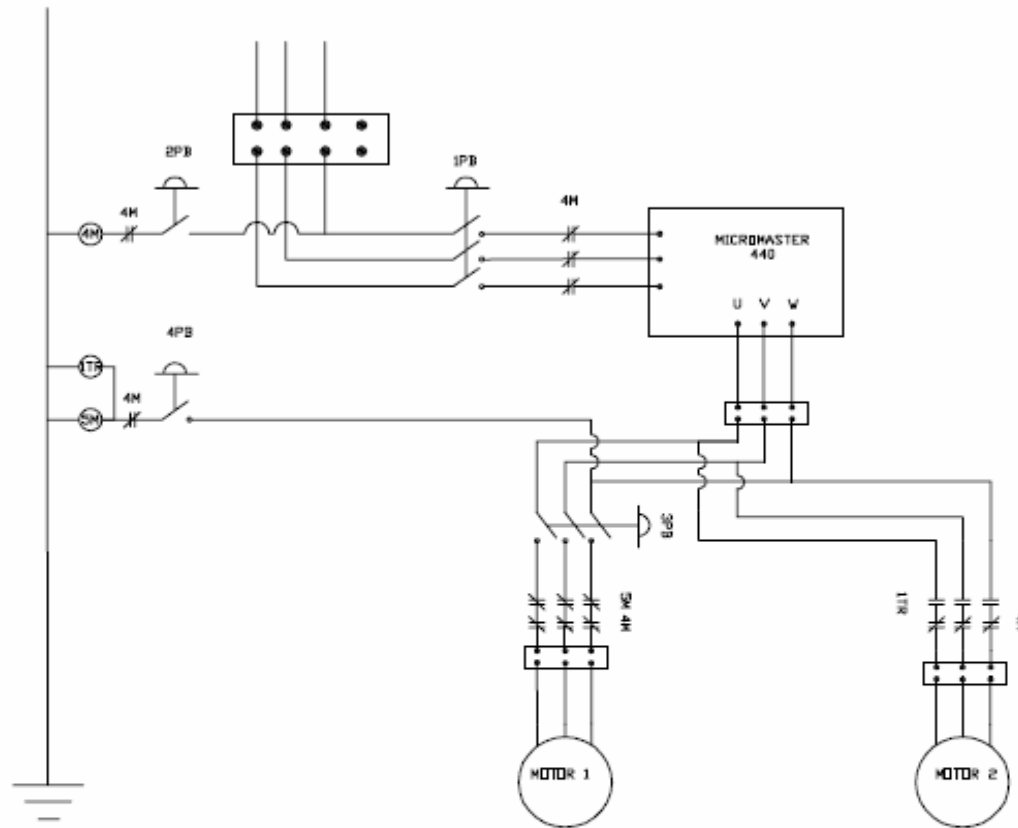


SECCIÓN J-J
ESCALA 1 : 2



Nota: Detalle de la configuración de los puertos de presión de las tuberías de prueba.

	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO			
APROBADO		TRABAJO N° 1	
APROBADO			
ESCALA	AS NOTED	PLANO N° 15	REV: 1



	FECHA	BANCO DE PRUEBAS FLUIDODINAMICAS	
DIBUJO			
REVISO		TRABAJO N° 1	
APROBADO		PLANO N° 16	
APROBADO			
ESCALA		REV: 1	

ANEXO C. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO TOTAL LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE Y APROVECHAMIENTO DE FLUIDOS							
NOMBRE DEL PROYECTO: DEPENDENCIA: RESPONSABLE:				Costo convertido a dolares desde:	Dólar	Euro	Libra Esterlina
					2420,25	3087,75	4601,62
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	VALOR UNIT	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL	
1	EQUIPOS DE LABORATORIO						
1,1	Viscosímetro Brookfield HADV-II+PRO		1	2795	2795		
1,1,1	SSA (Adaptador pequeñas muestras)		1	700	700		
1,1,2	Software Rheocalc		1	695	695		
1,1,3	Baño termostataado		1	2755	2755		
	<i>SUBTOTAL VISCOSIMETRO</i>	Global			6945	6945	
1,2	Calibrador de presión KELLER 700 bar. (high pressure) Full version	Global	1	3340,03905		3340,039046	
1,3	Tamiz Analysette 3 - PRO	Global	1	3700	3700		
	Software	Global	1	1000	1000		
	Tamices	Global		350	350		
	Subtotal Tamiz					5050	
1,4	PUMP LAB Turbine Technologies		1	26671,72		26671,72	
1,5	Pipe Surge and water Hammer. ARMFIELD						
1,5,1	C7-10: Aparato autónomo de oscilación de presión solamente (Configuración básica)		1	18552,8801	18552,88		
1,5,2	C7-11: Aparato de golpe de martillo, adicional a C7-10		1	8297,27081	8297,2708		
1,5,3	C7-11A Osciloscopio		1	6255,2752	6255,2752		
1,5,4	C7-12 Impresora		1	1484,91487	1484,9149		
	<i>Subtotal Pipe Surge</i>	Global			34590,341	34590,34094	
1,6	Air compressor test set. TQ GT103	Global	1	118458,837		118458,8369	
1,7	Plunger Pump Demostration Unit. Armfield. FM 23	Global	1	17216,2665	17216,267		
1,7,1	Interface IFD6	Global	1	5348,35536	5348,3554		
	<i>Subtotal Plunger Pump</i>				22564,622	22564,6219	
1,8	Twin water turbine module. TQ. Merlin9	Global	1	34397,273	34397,273		
1,8,1	Dinamómetro y control TQ	Global	1	43357,0912	43357,091		
	<i>Subtotal Twin water turbine Module</i>	Global			77754,364	77754,36422	
1,9	Propeller Turbine Demostration Unit. Armfield. FM 33	Global	1	24627,5318		24627,53181	
1,10	Centrifugal fan test set. TQ. TE 84	Global	1	35048,0322		35048,03223	
1,11	Medidor de presión portátil PCE 932		1	165,853734	165,85373		
1,11,1	Sensor de presión		1	165,853734	165,85373		
1,11,2	Software adquisición de datos		1	165,853734	165,85373		

1,11,3	Convertidor USB		1	165,853734	165,85373	
1,11,4	Certificado de calibración ISO		1	165,853734	165,85373	
	<i>Subtotal manómetro portátil</i>	Global			829,26867	829,2686706
1,12	Tacómetro láser COLE PARMER	Global	1	420		420
1,13	Medidor de potencia eléctrica cole parmer	Global	1	1000		1000
1,14	Medidor de flujo ultrasónico ColeParmer	Global	1	1800		1800
	TOTAL EQUIPOS DIDACTICOS DE LABORATORIO				US	359099,7557

2	PLANTA FÍSICA Y SUMINISTRO DE HERRAMIENTAS Y MOBILIARIO					
2,1	Retirar equipos a dar de baja					5000000
2,1,1	Mano de obra	Global	1	6000000		
2,2	Demolición de bases					1000000
2,2,1	Mano de obra	Global	1	1000000		
2,3	Construcción de mesón con lavamanos y desagües					2776400
2,3,1	Mano de obra	Global	1	1000000	1000000	
2,3,2	Materiales					
2,3,3	varillas de hierro 1/4"	Global	4	3000	12000	
2,3,4	ALAMBRE NEGRO	kilo	2	3000	6000	
2,3,5	Lavamanos acero inoxidable	global	1	65000	65000	
2,3,6	puntilla 2 1/2"	lb	2	3000	6000	
2,3,7	Tubería pvc 1/2"	m	4	4200	16800	
2,3,8	codos 1/2"	und	10	6700	67000	
2,3,9	uniones 1/2"	und	6	1000	6000	
2,3,10	niples galvanizados 1/2 * 30	und	2	3200	6400	
2,3,11	adaptadores 1/2" hembra		2	1000	2000	
2,3,12	codos galvanizados de 1/2"		2	1100	2200	
2,3,13	llave terminal		2	21000	42000	
2,3,14	mano obra mortero para desagües	m2	150	7000	1050000	
2,3,15	tubería pvc sanitaria 2"	m	24	15000	360000	
2,3,16	codos pvc sanitario 2"		10	3600	36000	
2,3,17	uniones pvc 2" sanitaria		4	3000	12000	
2,3,18	sifones		2	14000	28000	
2,3,19	codos 45		2	4500	9000	
2,3,20	varios(granito, madera)	global	1	50000	50000	
2,4	Ajuste de pasamanos	global				200000
2,5	Pisos					10594500
2,5,1	Piso tablón vitrificado alfa (color claro)	M2	205	21450	4397250	
2,5,2	Mano de obra	M3	205	5000	1025000	
2,5,3	Arreglo rejillas metálicas	UND	6	300000	1800000	
2,7	Pintura					7936600

2,7,1	Mano de obra	Global	1	4000000	4000000	
2,7,2	Pintura placa sótano (pinturama)	galon	30	15500	465000	
2,7,3	Pintura cubierta Eternit (pinturama)	galon	50	15500	775000	
2,7,4	Pintura estructura Metálica anticorrosivo rojo	galon	8	7700	61600	
2,7,5	Pintura estructura Metálica anticorrosivo gris	galon	4	10000	40000	
2,7,6	Pintura columnas (Gris Basalto)	galon	15	13000	195000	
2,7,7	Pintura sobre muro ladrillo(brillo)	galon	30	17000	510000	
2,7,8	Pintura muros (Viniltex)	galon	110	15000	1650000	
2,7,9	Friso	M2	40	6000	240000	
2,8	Obras eléctricas					3635750
2,8,1	Cables					
2,8,1,2	Cable # 10	m	200	2000	400000	
2,8,1,3	Cable # 12	m	50	1200	60000	
2,8,1,4	Cable # 14	m	430	850	365500	
2,8,2	Ductos					
2,8,2,1	Tubo PVC 3/4"	3 m	141	3300	465300	
2,8,2,2	Tubo PVC 1/2"	3 m	57	2500	142500	
2,8,2,3	Codos 1/2"	und	12	350	4200	
2,8,2,4	Codos 3/4"	und	12	550	6600	
2,8,2,5	Cajas de derivación	und	36	300	10800	
2,8,3,0	Tablero de distribución	und	1	15000	15000	
2,8,4,0	Tomas					
2,8,4,1	Tomas 220 V Con polo a tierra, Levinton	und	5	10900	54500	
2,8,4,2	Tomas 110 V Con polo a tierra, Levinton	und	7	2750	19250	
2,8,4,3	Tomas 380 V Con polo a tierra	und	3	12000	36000	
2,8,5,0	Switches	und				
2,8,5,1	Switch Interruptor x 3	und	1	12800	12800	
2,8,5,2	Switch Interruptor x 2	und	1	10200	10200	
2,8,5,3	Switch Interruptor x 1	und	1	8600	8600	
2,8,6	Protecciones					
2,8,6,1	Monofásica @ 15 A	und	3	8500	25500	
2,8,6,2	Bifásica @ 15 A	und	1	23000	23000	
2,8,6,3	Bifásica @ 30 A	und	1	23000	23000	
2,8,6,4	Trifásica @ 15 A	und	2	51000	102000	
2,8,6,5	Trifásica @ 30 A	und	1	51000	51000	
2,8,7	Iluminación					
2,8,7,1	Fluorescentes philips 50W X2	und	20	50000	1000000	
2,8,8	Mano de obra instalación eléctrica	global	1	800000	800000	
2,9	Herramientas, seguridad y mobiliario					12560000
2,9,1	Seguridad	und				
2,9,2	Extintores	und	4	105000	420000	
2,9,3	Botiquín	und	1	50000	50000	
2,9,4	Mangueras	und	2	60000	120000	
2,9,5	Computadores de escritorio	und	3	2000000	6000000	
2,9,6	Computador portátil	und	1	3000000	3000000	

2,9,7	Muebles de computador	und	4	160000	640000	
2,9,8	Sillas para computador	und	4	70000	280000	
2,9,9	Pupitres	und	15	70000	1050000	
2,9,10	Caja de herramientas	global	1	1000000	1000000	
COSTO DIRECTO						43703250
Administración				8%		3496260
Imprevistos				2%		874065
Utilidad				10%		4370325
IVA sobre utilidad				16%		699252
TOTAL						53143152

PRESUPUESTO SEMESTRAL DE FUNCIONAMIENTO					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR	MESES	TOTAL
1	AUXILIARES	4	125000	4	2000000
2	PAPELERIA	1	240000	GLOBAL	240000
3	MANTENIMIENTO	1	100000	4	400000
4	<i>SUBTOTAL</i>				2640000
5	IMPREVISTOS	5%			132000
TOTAL					2772000