

ANEXO C GUÍAS DE LABORATORIO

Las guías de laboratorio de la practicas seleccionadas, se desarrollaron a partir del diseño realizado y mencionado en el tercer objetivo específico.

Guía determinación de numero de Reynolds, equipo TecQuipment HM215.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha:
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Determinación Número de Reynolds	
Equipo	TecQuipment H215	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es proporcionar una comprensión más detallada y practica sobre el comportamiento de los fluidos en movimiento.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría de Reynolds siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría de Reynolds.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.		

CONCEPTOS PREVIOS			
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.			
Flujo Laminar: El flujo laminar es un tipo de flujo de fluido en el que las partículas del fluido se mueven en capas paralelas sin mezclarse ni generar turbulencias. (Re<2000)			
Flujo Turbulento: Es un tipo de flujo de fluido en el que las partículas del fluido se mueven de manera caótica e irregular, generando turbulencias y mezclándose entre sí. (Re>4000)			
Flujo en Transición: El flujo en transición es un estado intermedio de un fluido que ocurre entre el régimen de flujo laminar y turbulento (2000 <Re<4000)			
Número de Reynolds: Se trata de un número de carácter adimensional que establece la relación entre las fuerzas de tipo inercial y las viscosas de un fluido en constante movimiento. Se puede aplicar a cualquier tipo de fluido.			
EQUIPO			
	1. Tanque de Tinta		
	2. Válvula de control para el flujo de tinta		
	3. Aguja inyectora de tinta		
	4. Tubería de acceso del agua desde el banco hidráulico		
	5. Tanque de almacenamiento en vidrio		
	6. Esferas de vidrio		
	7. Tubería de rebose		
	8. Tubería plástica		
	9. Válvula de descarga		
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA			
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio			
$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad Q = \frac{V}{T} \quad v = \frac{Q}{A}$	v	Velocidad	μ: Viscosidad dinámica del fluido
	Q	Caudal	ρ: Densidad
	V	Volumen	Re: Número de Reynolds
	A	Área	

	T	Tiempo		
VARIABLES DE MEDICIÓN				
Caudal (m^3/s), tiempo (s), velocidad (m/s), volumen(m^3/s), área (m^2), Viscosidad dinámica del fluido ($kg/(m*s)$), densidad (kg/m^3)				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO				
Componentes: Tanque de tinta, válvula de control para el flujo de tinta, aguja inyectora de tinta, tubería de acceso del agua desde el banco hidráulico, tanque de almacenamiento en vidrio, esferas de vidrio, tubería de rebose, tubería plástica, tubería de descarga, válvula de control.				
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.				
METODOLOGÍA				
A. Una vez instalado el equipo, verifique que todas las válvulas estén cerradas. El tanque de tinta debe contener azul de metileno para poder identificar el tipo de flujo.				
B. Encienda el banco de pruebas y abra la válvula de este. Ajuste el suministro de agua al equipo hasta que el nivel de agua en el tanque de almacenamiento de vidrio esté por encima de la tubería de rebosamiento (ver parte 7 equipo tubería de rebose).				
C. Para ajustar el flujo de tinta, abra el inyector y ajuste la válvula de salida de la tubería plástica.				
D. Cierre la válvula de tinta manteniendo la válvula de salida de la tubería plástica en la misma posición para medir el caudal utilizando una probeta de 300 mL y registrando el tiempo que toma en llenarse completamente (realice este proceso según la tabla de toma de datos).				
TOMA DE DATOS				
NOTA: Asuma la viscosidad dinámica del fluido (AGUA) como: 0,001109 ($kg/(m*s)$), la densidad del fluido (AGUA) como: 999,03 (kg/m^3), área de 7,854E-4 (m^2), diámetro de 0,1 (m).				
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	CAUDAL	Tiempo promedio	Unidad (s)
		Q1		
		Q2		
		Q3		
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	CAUDAL	VALOR	Unidad (m^3/s)
		Q1		
		Q2		
		Q3		

CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	Velocidad	VALOR	Unidad (m/s)
		v_1		
		v_2		
		v_3		
NÚMERO DE REYNOLDS				
Haciendo uso de las ecuaciones en la sección de desarrollo de la práctica en este espacio escriba el número de Reynolds que obtuvo.				
ANÁLISIS DE RESULTADOS				
Analice el efecto del caudal sobre el número de Reynolds.				
REFERENCIAS				
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.				
[4] Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.				

Figura [2]. Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18.

Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Determinación Número de Reynolds	
Equipo	Gunt Hamburg HM150.18	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es proporcionar una comprensión más detallada y practica sobre el comportamiento de los fluidos en movimiento.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría de Reynolds siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría de Reynolds.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.		
CONCEPTOS PREVIOS		

NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.

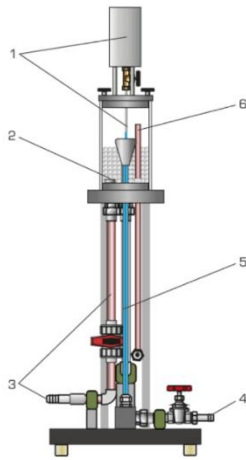
Flujo Laminar: El flujo laminar es un tipo de flujo de fluido en el que las partículas del fluido se mueven en capas paralelas sin mezclarse ni generar turbulencias. (Re<2000)

Flujo Turbulento: Es un tipo de flujo de fluido en el que las partículas del fluido se mueven de manera caótica e irregular, generando turbulencias y mezclándose entre sí. (Re>4000)

Flujo en Transición: El flujo en transición es un estado intermedio de un fluido que ocurre entre el régimen de flujo laminar y turbulento (2000 <Re<4000)

Número de Reynolds: Se trata de un número de carácter adimensional que establece la relación entre las fuerzas de tipo inercial y las viscosas de un fluido en constante movimiento. Se puede aplicar a cualquier tipo de fluido.

EQUIPO



1. Depósitos para tinta con tubo de alimentación

2. Depósito de alimentación con esferas de vidrio

3. Alimentación de agua

4. Salida de agua con válvula de control

5. Sección de tubo de vidrio

6. Rebosadero

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad Q = \frac{V}{T}$$

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

v

Velocidad

μ : Viscosidad dinámica del fluido

Q

Caudal

ρ : Densidad

V

Volumen

Re : Número

			de Reynolds
	A	Área	
	T	Tiempo	
VARIABLES DE MEDICIÓN			
Caudal (m^3/s), tiempo (s), velocidad (m/s), volumen(m^3/s), área (m^2), Viscosidad dinámica del fluido ($kg/(m*s)$), densidad (kg/m^3)			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
Componentes: Tanque de tinta, válvula de control para el flujo de tinta, aguja inyectora de tinta, tubería de acceso del agua desde el banco hidráulico, tanque de almacenamiento en vidrio, esferas de vidrio, tubería de rebose, tubería plástica, tubería de descarga, válvula de control.			
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.			
METODOLOGÍA			
A. Cerciórese que el equipo (Hm150.18) y el banco de pruebas (suministro de agua) tengan las válvulas cerradas.			
B. Llene el depósito de tinta, observando previamente que la válvula del tubo de alimentación este cerrada.			
C. Encienda el banco de pruebas y abra la válvula gradualmente hasta que el equipo con el que se está trabajando se llene al nivel del tubo de desagüe correspondiente.			
D. Abra gradualmente la válvula de control del equipo junto con la válvula de alimentación de tinta para observar el tipo de flujo. Luego, cierre la válvula de tinta manteniendo la válvula de control en la misma posición para medir el caudal utilizando una probeta de 300 mL y registrando el tiempo que toma en llenarse completamente (realice este proceso según el apartado de toma de datos).			
TOMA DE DATOS			
NOTA: Asuma la viscosidad dinámica del fluido (AGUA) como: 0,001109 ($kg/(m*s)$), la densidad del fluido (AGUA) como: 999,03 (kg/m^3), área de 7,854E-4 (m^2), diámetro de 0,1 (m).			
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	CAUDAL	Tiempo promedio
		Q_1	
		Q_2	
		Q_3	
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	CAUDAL	VALOR
		Q_1	
			Unidad (m^3/s)

		$Q2$		
		$Q3$		
CAPACIDAD (ml)	Tiempo (s)	Velocidad	VALOR	Unidad (m/s)
		$v1$		
		$v2$		
		$v3$		
NÚMERO DE REYNOLDS				
Haciendo uso de las ecuaciones en la sección de desarrollo de la práctica en este espacio escriba el número de Reynolds que obtuvo.				
ANÁLISIS DE RESULTADOS				
• Analice el efecto del caudal sobre el número de Reynolds.				
REFERENCIAS				
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.				
Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.				

Figura [3]. Guía determinación de numero de Reynolds, equipo Gunt Hamburg HM150.18.

Guía teoría efecto Venturi, equipo Edibon FME24.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Tubo de Venturi	
Equipo	Edibon FME24	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo que tiene esta práctica analizar el comportamiento de la presión y la velocidad a través de los diferentes cambios de sección.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar el efecto Venturi siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales del efecto Venturi.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas y guantes		
CONCEPTOS PREVIOS		

NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.

Ecuación de Bernoulli: Se puede considerar como una declaración adecuada del principio de conservación de la energía en el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que asociamos comúnmente con el término "efecto de Bernoulli" es la disminución de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.

Efecto Venturi: El efecto Venturi se produce cuando un fluido pasa por el estrechamiento de un conducto; a medida que el fluido se acerca al estrechamiento, la velocidad aumenta, mientras que la presión estática disminuye. Por el contrario, cuando se aleja del estrechamiento, la velocidad disminuye y la presión estática aumenta.

EQUIPO



Manómetro, sistema de conexión rápida incorporada.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio

$$Q = \frac{V}{T}$$

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

$$P = \gamma * \frac{h}{1000}$$

Q: Caudal

v: velocidad

V: Volumen

A: Área

T: Tiempo

P: Presión

h: Altura cada tubo de agua

γ: Peso específico del agua

VARIABLES DE MEDICIÓN

área (m^2), caudal (m^3/s), velocidad (m/s), tiempo (s), volumen (m^3/s), presión (Pa)

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Componentes: Manómetro, sistema de conexión rápida incorporada.

Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.

METODOLOGÍA

A. Cerciorar que el equipo tenga las válvulas cerradas.

B. Conectar el sistema a los bancos de agua.					
C. Conectar la bomba al sistema del tubo de Venturi.					
D. Abrir por completo la válvula de caudal.					
E. Conectar un tubo de salida para depositar el agua en el otro banco de agua.					
F. Encender la bomba y cronometrar el tiempo de llenado.					
G. Tomar los datos de tiempo y las alturas de los tubos de agua (presión).					
H. Repetir el procedimiento para comparar los tiempos.					
I. Reducir el caudal de agua lo suficiente para tomar datos diferentes a analizar.					
J. Repetir el procedimiento de toma y muestra por un total de 5 caudales.					
TOMA DE DATOS					
NOTA: Asuma el peso específico del agua como $9810 \text{ (N/m}^3\text{)}$.					
CAUDAL	CAPACIDAD (ml)	CAPACIDAD (ml)	TIEMPO (s)	TIEMPO (s)	TIEMPO PROMEDIO (s)
Q1					
Q2					
Q3					
Q4					
Q5					
SECCIÓN	PRESIÓN Q1	PRESIÓN Q2	PRESIÓN Q3	PRESIÓN Q4	PRESIÓN Q5
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
ANÁLISIS DE DATOS					
Realice la determinación del caudal y a su vez de la velocidad de flujo a partir de la diferencia de presiones.					
Analice el efecto del flujo sobre la diferencia de presiones y viceversa.					
REFERENCIAS					
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.					
Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.					

Figura [4]. Estudio de lechos porosos en tubos de venturi. FME24

Guía de laboratorio bombas en paralelo y en serie, equipo Gunt Hamburg
HM150.16.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha:
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Determinar la curva característica de una bomba	
Equipo	Gunt Hamburg HM150.16	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es estudiar el comportamiento de las bombas en un circuito en paralelo y en serie.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del cálculo de bombas en paralelo y en serie siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales del cálculo de bombas en paralelo y en serie.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas y guantes		
CONCEPTOS PREVIOS		
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.		
Pérdida de energía por fricción: Es la disminución de energía mecánica del fluido debido a la resistencia al flujo en las tuberías o conductos.		

Ecuación de Bernoulli: Se puede considerar como una declaración adecuada del principio de conservación de la energía en el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que asociamos comúnmente con el término "efecto de Bernoulli" es la disminución de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.

Ley de Darcy: Esta ley describe la relación entre la velocidad del flujo de un fluido a través de un medio poroso, el gradiente de presión y la permeabilidad del medio.

EQUIPO



1. Depósito

2. Rebosadero

3. Toma de agua

4. Grifo de bola

5. Bomba

6. Interruptores de bombas

7. Desagüe

8. Manómetro

DESARROLLO DE LA PRACTICA

ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio

$$Hl = f * \left(\frac{L}{D}\right) * \frac{V^2 \rho^2}{2g}$$

$$\frac{0,25}{\log\left(\frac{1}{3,7 * \frac{D}{E}} + \frac{5,74}{RE \rho^9}\right) \rho^2}$$

1. Ecuación pérdida general

2. Coeficiente de fricción

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

3. Ecuación general de la energía

VARIABLES DE MEDICIÓN

Caudal (m^3/s), presión(bares), potencia (kW).

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Componentes: Deposito, rebosadero, toma de agua, grifo de bola, bomba, interruptores de bombas, manómetros.

Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad. Potencia que utiliza 370W

METODOLOGÍA

A. Construya el circuito el circuito en paralelo y en serie utilizando las bombas, tubos y demás accesorios.				
B. Asegúrese de que el circuito este bien sellado y libre de fugas.				
C. Instale los medidores de flujo en distintos puntos del circuito para medir los caudales de entrada y salida.				
D. Coloque los manómetros en distintos puntos del circuito, para medir presiones tanto en la entrada y la salida de las bombas.				
E. Coloque en funcionamiento las bobas y opere el circuito en distintas condiciones de carga y velocidad para obtener los datos en distintos puntos del circuito.				
F. Registre los datos de caudales, presiones y potencias obtenidos en la práctica.				
TOMA DE DATOS				
Bombas en Serie				
	Tiempo (s)	Presión (bar)	Capacidad (ml)	$Q(m^3/s)$
Caudal 1				
Caudal 2				
Caudal 3				
Caudal 4				
Promedio				
Bombas en Paralelo				
	Tiempo (s)	Presión (bar)	Capacidad (ml)	$Q(m^3/s)$
Caudal 1				
Caudal 2				
Caudal 3				
Caudal 4				
Promedio				
ANÁLISIS DE DATOS				
Analice: • El efecto del caudal y la presión sobre la curva de la bomba. • Efecto de la curva del sistema sobre el desempeño de la bomba. • Cálculo de la curva característica de la bomba. • Cálculo de la curva adimensional de la bomba. • Realice el análisis dimensional para trazar curvas características de bombas geoméricamente similares a escala mayor o menor.				
REFERENCIAS				

White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.

Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.

Ley de Darcy. Conductividad hidráulica Experiencia de Darcy. (n.d.).
https://hidrologia.usal.es/temas/Ley_Darcy.pdf

Figura [5]. Guía Bombas en paralelo y en serie, equipo Gunt Hamburg HM150.16.

Guía de laboratorio cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H34.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha:
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Pérdidas por Accesorios	
Equipo	TecQuipment H34	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo que tiene esta práctica es analizar las pérdidas que se obtienen en la tubería por los accesorios que esta tiene, también el comportamiento de la velocidad en cada uno de estos accesorios.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales con el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales con el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		

USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo	
CONCEPTOS PREVIOS	
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Ecuación de Bernoulli: Se puede considerar como una declaración adecuada del principio de conservación de la energía en el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que asociamos comúnmente con el término "efecto de Bernoulli" es la disminución de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.	
Perdidas: Es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.	
Accesorios: Son componentes utilizados para hacer conexiones que ayudan a unir segmentos de cañerías o tuberías en instalaciones.	
EQUIPO	
	1. Curvatura de radio grande
	2. Contracción
	3. Expansión
	4. Codo
	5. Codo Curvado Inglete
	6. Válvula
	7. Bomba de mano
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio	
$(1) \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$	
$Q = \frac{V}{T}$	$v = \frac{Q}{A}$

Q : Caudal	v : Velocidad		V : Volume n	A : Áre a	T : Tiempo
Ecuación 1: Ecuación de Bernoulli					
VARIABLES DE MEDICIÓN					
área (m^2), caudal (m^3/s), velocidad (m/s), tiempo (s), volumen (m^3/s).					
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO					
Componentes: Curvatura de radio grande, ampliación, contracción, codos, inglete.					
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.					
METODOLOGÍA					
A. Antes de comenzar a manipular, asegúrese de revisar que todas las válvulas tanto del banco de pruebas como del equipo a utilizar estén cerradas. Después de eso, encienda el banco y abra la válvula correspondiente.					
B. En el funcionamiento del equipo, el objetivo principal era medir el caudal y las presiones, dado que este equipo no cuenta explícitamente con medidas integradas para ello.					
C. Utilice un cronometro para medir los tiempos en los que se llenaba la sección donde se realizó la medición de volumen, es decir una probeta de 300ml y así obtener el caudal.					
D. Realice la toma de datos considerando las diferencias de presiones en cada entrada y salida de los accesorios.					
E. Una vez obtenido el caudal constante, proceda a abrir la válvula que controla el caudal y las presiones. Esto permitirá observar el comportamiento antes y después de cada accesorio cuando se varía el caudal. Realice la práctica utilizando cuatro caudales distintos para este equipo.					
TOMA DE DATOS					
Presión	Caudal 1	Caudal 2	Caudal 3	Caudal 4	Unidad
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Caudal	Capacidad (ml)	Tiempo 1 (s)	Tiempo 2 (s)	Tiempo 3 (s)	Tiempo Promedio (s)
Q1					
Q2					
Q3					
Q4					

ANÁLISIS DE RESULTADOS
Realice: • La determinación de pérdidas en accesorios. • Comparación de pérdidas en accesorios similares. • Comparación de pérdidas de laboratorio con datos de fabricante y datos teóricos. • Efecto del caudal sobre las pérdidas en accesorios.
REFERENCIAS
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.
[4] Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.

Figura [6]. Guía cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H34.

Guía cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H16.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha:
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Pérdidas por Accesorios	
Equipo	TecQuipment H16	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo que tiene esta práctica es analizar las pérdidas que se obtienen en la tubería por los accesorios que esta tiene, también el comportamiento de la velocidad en cada uno de estos accesorios.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales con el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales con el cálculo de las perdidas por accesorios que se presentan en un sistema hidráulico.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		

USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.				
CONCEPTOS PREVIOS				
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.				
Ecuación de Bernoulli: Se puede considerar como una declaración adecuada del principio de conservación de la energía en el flujo de fluidos. El comportamiento cualitativo que asociamos comúnmente con el término "efecto de Bernoulli" es la disminución de la presión del líquido en las regiones donde la velocidad del flujo es mayor.				
Perdidas: Es la pérdida de presión que se produce en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.				
Accesorios: Son componentes utilizados para hacer conexiones que ayudan a unir segmentos de cañerías o tuberías en instalaciones.				
EQUIPO				
			Dos circuitos expansión y contracción, válvula de compuerta, válvula de globo, codo 90°, inglete.	
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA				
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio				
$(1) \frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_a - h_r - h_l = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$				
$Q = \frac{V}{T} \qquad v = \frac{Q}{A}$				
Q: Caudal	v: Velocidad	V: Volumen	a: Área a	T: Tiempo
Ecuación 1: Ecuación de Bernoulli				
VARIABLES DE MEDICIÓN				
área (m²), caudal (m³/s), velocidad (m/s), tiempo (s), volumen (m³/s)				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO				

Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad.

A. Abra completamente la válvula de control de agua del banco hidráulico.

B. Cerciore que la válvula de globo este cerrada.

C. Abra la válvula de compuerta para obtener el máximo flujo en la tubería azul oscura.

D. Registre las lecturas en los tubos del piezómetro y el tubo en U

E. Recoja la suficiente agua y tome el tiempo (2 veces para cada caudal).

F. Repita el paso anterior para obtener 2 caudales distintos (ajustando la válvula de compuerta).

G. Cierre la válvula de compuerta.

H. Abra la válvula de globo y repita el procedimiento para la tubería azul clara.

I. Cierre las válvulas por completo.

J. Apague la bomba.

NOTA: Asuma la viscosidad dinámica del fluido (AGUA) como: 0,001109 (kg/(m*s)), la densidad del fluido (AGUA) como: 999,03 (kg/m³)

[illegible]

Q2														
Q2														
Q2														
ANÁLISIS DE RESULTADOS														
Realice: • La determinación de pérdidas en accesorios. • Comparación de pérdidas en accesorios similares. • Comparación de pérdidas de laboratorio con datos de fabricante y datos teóricos. • Efecto del caudal sobre las pérdidas en accesorios.														
REFERENCIAS														
White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.														
Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.														

Figura [7]. Guía cálculo de Pérdidas por Accesorios en un sistema hidráulico, equipo TecQuipment H16.

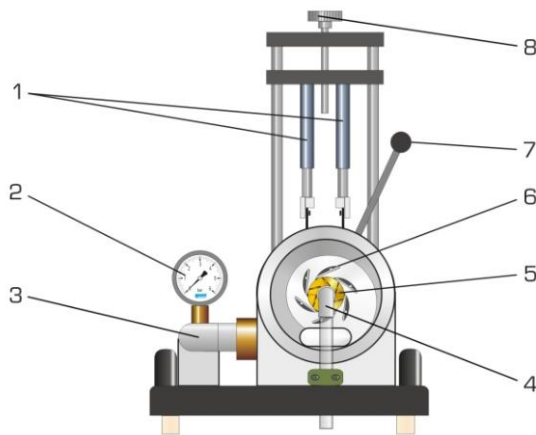
Guía de laboratorio funcionamiento de una turbina Francis, equipo Gunt Hamburg HM150.20.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Turbina Francis	
Equipo	Gunt Hamburg HM150.20	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es comprender el funcionamiento de una turbina Francis, evaluar su rendimiento y eficiencia bajo distintas condiciones de operación.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Francis.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo		
CONCEPTOS PREVIOS		
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.		
Teorema de Bernoulli: Describe la relación entre la presión de un fluido en movimiento, su velocidad y su altura en un flujo ideal y estacionario.		

Turbina Francis: Tipo de turbina hidráulica de reacción que se utiliza comúnmente en centrales hidroeléctricas para la generación de electricidad.

Triangulo de velocidades: Es el que representa gráficamente las velocidades absolutas y relativas de un fluido en diferentes puntos de una máquina. Consiste en un diagrama triangular donde se muestran: Velocidad del rotor, velocidad absoluta del fluido, velocidad relativa del fluido.

EQUIPO



1. Dinamómetros

2. Manómetro

3. Entrada de Agua

4. Salida de agua

5. Rotor

6. Álabes distribuidores

7. Ajuste de los álabes distribuidores

8. Ajuste del freno de cinta

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio

$$(1) P_e = H_t * m * g$$

$$(2) E_{fic} = \frac{P}{P_r}$$

$$(3) H_t = H_{(ent)} + \frac{v^2}{2 * g}$$

Potencia Hidráulica

Eficiencia Total

Cabeza Total a la entrada

VARIABLES DE MEDICIÓN

Caudal(m^3/s), velocidad de rotación (rad/s), potencia mecánica (W), eficiencia (%), potencia hidráulica, cabeza a la entrada de la turbina (m).

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Componentes: Balanza de muelle, manómetro, rotor, álabes distribuidores.

Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad. Potencia que utiliza 12W

METODOLOGÍA

A. Una vez el equipo esté conectado al banco de pruebas, revise las todas las válvulas antes de encender el banco.

B. Encendido el banco de pruebas abra la válvula de admisión de este. Prenda el motor de la turbina, calibre el caudal y el flujo inicial manipulando la válvula del banco.

C. Aplique carga al eje de salida cerrando el freno de cinta. Tome lecturas de caudal, velocidad y fuerza en el dinamómetro.

D. Aplique más carga permitiendo que la lectura del dinamómetro suba dos puntos. Tome nuevamente la lectura de la velocidad y la fuerza, haga este procedimiento hasta detener totalmente el eje con el freno de cinta.

E. Repita los pasos anteriores para una apertura de flujo de 100% y de 50%

TOMA DE DATOS

100%			
Q (m^3/s)	Fuerza (N)	N (rpm)	Q (CFM)

50%			
Q (m^3/s)	Fuerza (N)	N (rpm)	Q (CFM)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Realice determinación de la potencia mecánica e hidráulica en función del flujo y de la cabeza.
- Efecto de las condiciones de operación sobre la eficiencia de la turbina.

REFERENCIAS

White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.

Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.

González. (2009). Máquinas de Fluidos Tema 3. Principio de Funcionamiento de Turbomáquinas Tema 3. Principio de Funcionamiento de Turbomáquinas.
https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40262/mod_resource/content/1/maquinas_fluidos/tema-3-principio-de-funcionamiento-de-turbomaquinas.pdf

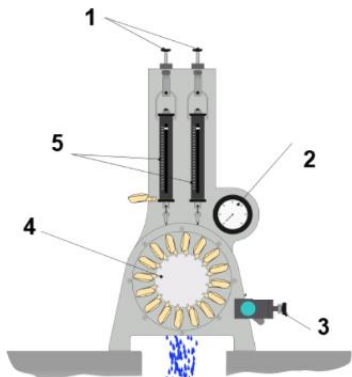
Figura [8]. Guía funcionamiento de una turbina Francis, equipo Gunt Hamburg HM150.20.

Guía de laboratorio funcionamiento de una turbina Pelton, equipo TecQuipment H19.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Hidráulica	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Turbina Pelton	
Equipo	TecQuipment H19	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo de esta práctica es comprender el funcionamiento de una turbina Pelton, evaluar su rendimiento y eficiencia bajo distintas condiciones de operación.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Pelton, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría del funcionamiento y comportamiento de una turbina tipo Pelton.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló.		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo		
CONCEPTOS PREVIOS		
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.		
Turbina Pelton: Es un tipo de turbina hidráulica de impulso que se utiliza para generar electricidad en centrales hidroeléctricas.		

Teorema de Bernoulli: Describe la relación entre la presión de un fluido en movimiento, su velocidad y su altura en un flujo ideal y estacionario.

Triángulo de velocidades: Es el que representa gráficamente las velocidades absolutas y relativas de un fluido en diferentes puntos de una máquina. Consiste en un diagrama triangular donde se muestran: Velocidad del rotor, velocidad absoluta del fluido, velocidad relativa del fluido.

EQUIPO				
	1. Ajuste de Carga			
	2. Manómetro			
	3. Válvula de aguja			
	4. Turbina			
	5. Dinamómetros			
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA				
Ecuaciones aplicadas en la práctica de laboratorio				
(1) $P = w * t = 2 \frac{\pi}{60} NT$				
(2) $Efic = \frac{P}{P_r}$				
(3) $P_e = H_t * m * g$				
(4) $H_t = H_{(ent)} + \frac{v^2}{2 * g}$				
Potencia mecánica	Eficiencia Total	Potencia Hidráulica	Cabeza Total	
VARIABLES DE MEDICIÓN				
Caudal(m^3/s), velocidad de rotación (rad/s), potencia mecánica (W), eficiencia (%), potencia hidráulica, cabeza a la entrada de la turbina (m).				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO				
Componentes: Dinamómetro, manómetro, válvula de lanza				
Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad. Potencia que utiliza 3,5W				
METODOLOGÍA				

A. Una vez el equipo esté conectado al banco de pruebas, revise las todas las válvulas antes de encender el banco.

B. Calibre las unidades y las medidas iniciales desde el ajuste de carga.

B. Encendido el banco de pruebas abra la válvula de admisión del mismo. Encienda el motor, regule e incremente la velocidad y el caudal inicial.

D. Aplique carga al eje de salida cerrando el freno de cinta.

E. Tome lecturas de caudal, fuerza y velocidad en el dinamómetro.

F. Aplique más carga permitiendo que la lectura del dinamómetro suba dos puntos.

G. Tome nuevamente la lectura de la velocidad y la fuerza, haga este procedimiento hasta detener totalmente el eje con el freno de cinta.

H. Repita los pasos para una entrada de 25% y 100%

TOMA DE DATOS

25%			
Q (m^3/s)	Fuerza (N)	N (rpm)	Q (CFM)

100%			
Q (m^3/s)	Fuerza (N)	N (rpm)	Q (CFM)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Realice la determinación de la potencia mecánica e hidráulica en función del flujo y de la cabeza.
- Efecto de las condiciones de operación sobre la eficiencia de la turbina.

REFERENCIAS

White F.N. Fluid Mechanics. 5th Edition. Mc Graw Hill 2003.

Cengel, Y. A. Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones. 1era Edición. Mc Graw Hill. 2006.

RUEDA PELTON (TURBINA). (n.d.). TecQuipment.
<https://www.tecquipment.com/es/pelton-wheel-turbine>

Figura [9]. Guía funcionamiento de una turbina Pelton, equipo TecQuipment H19.

Guía de laboratorio ciclo Rankine, equipo Caldera Automática Vapor Vertical.

	Universidad Santo Tomás División de Ingenierías Laboratorio de Ciencias Térmicas	Versión: 1
		Fecha
GUÍA DE LABORATORIO		
Nombre de la práctica	Ciclo Rankine	
Equipo	Caldera Automática Vapor Vertical	
Espacio Académico		
Semestre		
Docente		
Tiempo de la práctica	1 hora 30 minutos	
Integrantes		
OBJETIVO		
El objetivo que se tiene esta práctica de laboratorio es el desarrollo de un ciclo Rankine sencillo.		
COMPETENCIAS EVALUATIVAS		
Experimentos: Realiza pruebas experimentales para validar la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo termodinámico, siguiendo los parámetros de la guía de laboratorio.		
Aprendizaje Autónomo: Examina diversas fuentes de información para adquirir conocimientos y cultivar habilidades profesionales y transversales de la teoría del funcionamiento y comportamiento de un ciclo termodinámico.		
Informe de Laboratorio: Realiza un informe de laboratorio detallado de la práctica que se desarrolló		
Trabajo en Equipo: Asigna responsabilidades dentro del equipo de acuerdo con las metas y objetivos establecidos.		
PRECAUCIONES GENERALES		
USO OBLIGATORIO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS: Bata, gafas de seguridad y guantes de nitrilo.		



CONCEPTOS PREVIOS	
NOTA: Antes de comenzar la práctica, es fundamental que el estudiante tenga una comprensión clara de los conceptos abordados en las clases teóricas previas.	
Primera ley termodinámica: Es la energía total de un sistema cerrado permanece constante si no hay interacción con el entorno externo en forma de calor o trabajo.	
Ciclo Rankine: Ciclo básico utilizado en las plantas de energía termoeléctrica convencionales, incluyendo las plantas de energía nuclear y las centrales eléctricas que queman combustibles fósiles.	
Proceso Isobárico: La presión del sistema permanece constante mientras ocurre un cambio en su volumen y temperatura.	
Proceso Isocórico: El volumen del sistema permanece constante mientras ocurre un cambio en su presión y temperatura.	
Proceso Isotérmico: La temperatura del sistema permanece constante mientras ocurre un cambio en su presión y volumen.	
Proceso Adiabático: No hay transferencia de calor hacia o desde el sistema, es decir, no se intercambia calor con el entorno.	
EQUIPO	



Suavizador de agua, tanque de combustible, tanque de predosificado y medición volumétrica de ACPM, caldera de vapor de 6,12 o 15 BHP, tanque de condensados, distribuidor de vapor, sobrecalentador eléctrico, turbina de vapor de una o dos etapas, condensador de vapor, torre de enfriamiento con sus bombas, generador de energía eléctrica monofásico, tablero de consumo de energía, tanques de agua fría y caliente, intercambiadores de calor de Carcaza tubos y Placas, tableros eléctricos auxiliares, válvula PID de control de vapor, caudalímetros y elementos de medición, HMI V700 Unitronics.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Esquema

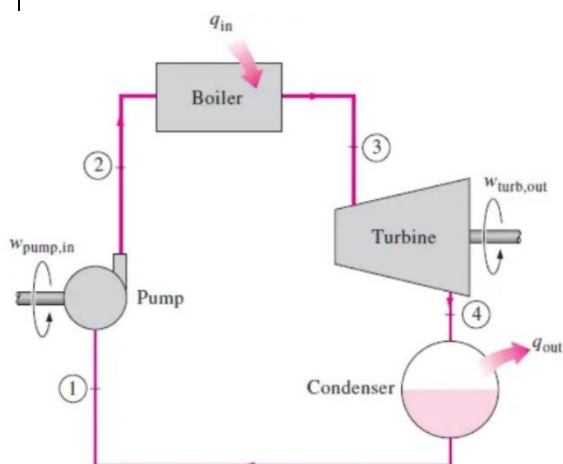
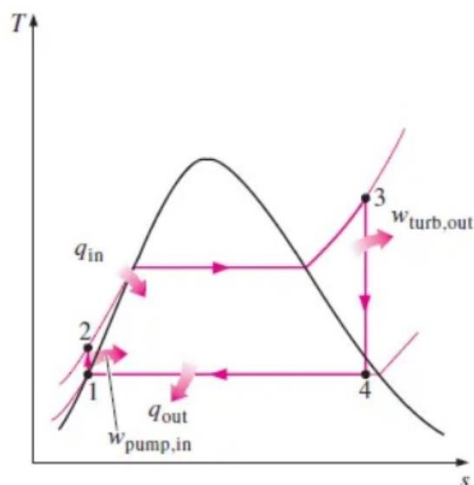


Diagrama T-s



VARIABLES DE MEDICIÓN

Temperatura (K), presión (Pa), volumen (m^3), Calor (J), Trabajo (J)

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Componentes: Suavizador de agua, tanque de combustible, tanque de predosificado y medición volumétrica de ACPM, caldera de vapor de 6,12 o 15 BHP, tanque de condensados, distribuidor de vapor, sobrecalentador eléctrico, turbina de vapor de una o dos etapas, condensador de vapor, torre de enfriamiento con sus bombas, generador de energía eléctrica monofásico, tablero de consumo de energía, tanques de agua fría y caliente, intercambiadores de calor de Carcaza tubos y Placas, tableros eléctricos auxiliares, válvula PID de control de vapor, caudalímetros y elementos de medición, HMI V700 Unitronics.

Requerimientos de operación: Agua normal, temperatura ambiente y suministrada por la red de acueducto de la universidad. Potencia que utiliza 6hp. Consumo 6,6 m³/h

METODOLOGÍA

A. Encienda el interruptor de energía de la caldera (está ubicado en el lateral del tablero electrónico).

B. Coloque el interruptor de la bomba de alimentación de agua en la posición automática.

C. Purgue la columna de agua y el nivel de cristal, asegurándose de que el agua vuelva rápidamente a su nivel normal.

D. Abra la válvula inferior de la caldera hasta que el agua salga limpia.

E. Coloque el interruptor del quemador en la posición normal durante uno o dos minutos para eliminar posibles gases en la cámara de combustión causados por combustible sin quemar.

F. Seguido a esto, coloque el interruptor del quemador en la posición automática (la caldera se encenderá automáticamente).

G. Ajuste la cantidad de combustible, la presión y la entrada de aire al quemador (solo en el encendido inicial o durante el mantenimiento).

H. Durante el arranque, supervise la columna de agua para asegurarse de que el sistema de inyección de agua funcione correctamente y que el nivel normal no disminuya.

I. Cuando salga vapor por el grifo superior de la columna de agua, revise las conexiones de la columna de agua, el nivel de cristal y las partes de presión de la caldera.

J. Cierre el grifo del manómetro de inspección y el grifo superior de la columna cuando la presión de vapor alcance el 25 % de la presión de trabajo.

K. Cuando la caldera alcance el 90 % de la presión de trabajo, abra la válvula de "by-pass" (si existe) para equilibrar la presión en la válvula principal de vapor, especialmente si hay otras calderas operando en la línea.

L. Revise todas las tuercas y juntas, apretándolas según sea necesario si hay fugas, cuando la presión de trabajo alcance el 90 % o más.

M. Revise las válvulas de seguridad abriéndolas manualmente y dejándolas cerrar de golpe. Se recomienda dejar pasar vapor por un período para limpiar cualquier residuo en los asientos.

N. Abra lentamente la válvula principal de vapor para que la caldera entre en funcionamiento normalmente.

TOMA DE DATOS
ANÁLISIS DE RESULTADOS
• Calcule la eficiencia térmica del ciclo. • Realice la comparación del rendimiento real del ciclo obtenido en el laboratorio con el rendimiento teórico basado en condiciones ideales. • Analice cómo las variaciones en la presión de la caldera afectan la eficiencia y el rendimiento del ciclo. • Analice cómo una temperatura más baja en el condensador puede aumentar la eficiencia del ciclo.
REFERENCIAS
CENGEL, YUNUS A. BOLES, MICHAEL A. Termodinámica. Octava edición. McGraw Hill.
VAN WYLEN, Gordon J. Fundamentos de Termodinámica. México: Limusa, 2002-892p. WARK, Kenneth.
JONES, J. B. DUGAN R. E. Ingeniería Termodinámica. Prentice Hall Hispanoamericana. 2003-989p.
Termodinámica para Ingeniería. McGraw Hill. 2001-915p
CENGEL, Yunus A. Transferencia de calor y masa. McGraw-Hill Interamericana. Tercera edición, 2007
KREITH, Frank / BOHN, Mark S. Principios de transferencia de calor. Thomson Learning. Sexta edición, 2001.

Figura [10]. Guía ciclo Rankine, equipo Caldera Automática Vapor Vertical.

