



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN
CONSTRUCCIONES**

**Elaboración del modelo físico y la guía metodológica para la
práctica: orificios de la asignatura mecánica de fluidos de la
Universidad del Azuay**

**Trabajo de graduación previo a lo obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

Autores:

**YACO EDUARDO GUAMÁN HUILLCA
CHRISTIAN ISMAEL JIMÉNEZ DUCHI**

Directora:

MARÍA BELÉN ARÉVALO DURAZNO

CUENCA – ECUADOR

2018

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a mi madre Blanca Huilca por apoyarme con amor, paciencia y sacrificio, además de haberme educado con valores y principios; a mi hermana Eimy Guallpa por ser mi motivación para cumplir el objetivo de culminar mi carrera.

A mis demás familiares y amigos por brindarme su apoyo sincero y aliento para alcanzar esta meta.

Yaco Eduardo Guamán Huilca

El presente trabajo de grado se lo dedico a mis padres Alex Jiménez y Sonia Duchi por apoyarme con amor, paciencia y sacrificio, además de haberme educado con valores y principios; a mis hermanos por ser mi motivación para cumplir el objetivo de culminar mi carrera.

A mis demás familiares y amigos por brindarme su apoyo sincero y aliento para alcanzar esta meta.

Christian Ismael Jiménez Duchi

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer:

Primeramente, a Dios, por guiarnos y darnos fuerzas para enfrentar todas las dificultades presentadas durante nuestras vidas.

A nuestros padres, hermanos y familiares por la confianza y el apoyo incondicional brindado en todo momento.

A nuestra directora de tesis la Ing. María Belén Arévalo por su guía, conocimiento y apoyo en el avance de este trabajo de grado; así también a nuestro tribunal al Ing. Josué Larriva quien brindo su tiempo y dedicación para orientar esta tesis y al Ing. Juan Carlos Malo; al Director de la escuela de Ingeniería Civil el Ing. José Vázquez por su apoyo y a la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones por darnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMÁTICA.....	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
ALCANCES Y RESULTADOS	5
CAPÍTULO 1.....	6
1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 Orificios.....	6
1.1.1 Definiciones	6
1.1.2 Clasificación	7
1.1.3 Ecuaciones que intervienen en el cálculo.....	10
1.2 Guías Metodológicas	18
1.2.1 Definición.....	18
1.2.2 Objetivo	18
1.2.3 Partes	18
CAPÍTULO 2.....	22
2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO	22
2.1 Objetivos	22
2.2 Variables	22
2.3 Materiales	22
2.4.4 Tuberías y accesorios.....	23
2.4.5 Tanque de reserva	23
2.4.6 Mesa de soporte del modelo físico	23
2.4.7 Conexión del sistema de recirculación.....	23
2.4.8 Esquema del modelo físico	24

2.5 Instalación del modelo	25
2.6 Procedimiento y puesta funcionar	25
2.7 Validación	31
2.7.1 Orificios circulares.....	31
2.7.2 Orificios rectangular de 1.5 cm X 1.0 cm.	32
2.7.3 Orificios cuadrados de 1.0 cm x 1.0 cm.	33
2.8 Recomendaciones y mantenimiento para el correcto uso del equipo hidráulico	34
CAPÍTULO 3.....	35
3. ENSAYOS DE LABORATORIO	35
3.1 Ensayo de orificios	35
3.1.1 Objetivo	35
3.1.2 Alcance.....	35
3.1.3 Método de ensayo.....	35
3.1.4 Instrumentos	35
3.1.5 Metodología	36
3.1.6 Cálculos y resultados	39
3.2.- Esquema para la guía metodológica	40
3.2.1.- Descripción.....	40
3.2.2.- Fórmulas a emplear	40
3.2.3.- Procedimiento de la práctica	40
3.2.4.- Ficha de resultados.....	40
3.2.5.- Preguntas y recomendaciones	40
3.3.- Guía metodológica	41
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

**“ELABORACIÓN DEL MODELO FÍSICO Y LA GUÍA METODOLÓGICA
PARA LA PRÁCTICA: *ORIFICIOS, DE LA ASIGNATURA MECÁNICA DE
FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY*”**

RESUMEN

En el presente trabajo se elaboró el modelo físico y la guía metodológica para la práctica de orificios de la asignatura de mecánica de fluidos. El modelo físico tiene la capacidad de realizar varios tipos de prácticas: cálculo de caudales, coeficientes de contracción, velocidad y descarga, con la posibilidad de variar las secciones de los orificios y sus cargas hidráulicas. La guía metodológica describe la secuencia de pasos que se debe seguir para realizar dicha práctica e incluye el modelo de ficha de resultados para el registro y tabulación de los valores obtenidos.

Palabras clave: mecánica de fluidos, modelo físico, orificio, carga hidráulica, coeficientes de descarga, coeficiente de velocidad, coeficiente de contracción, guía metodológica.



Ing. María Belén Arévalo D., M.Sc.

Director del Trabajo de Titulación



Ing. José Fernando Vázquez C., M.Sc.

Director de la Escuela



Yaco Eduardo Guamán Huilca



Christian Ismael Jiménez Duchí

Autores

**“ELABORATION OF THE PHYSICAL MODEL AND THE
METHODOLOGICAL GUIDES FOR THE PRACTICE: ORIFICES, FLUID
MECHANICS COURSE AT THE UNIVERSITY OF AZUAY”**

ABSTRACT

In this work, the physical model and the methodological guides for the practices of orifices for the fluid mechanics course were elaborated. The elaborated model had the capacity to perform various types of practices: calculation of flow rates, shrinkage, speed and discharge coefficients. It was possible to vary the sections of the orifices and their hydraulic loads. The methodological guides described the sequence of steps to be followed in order to carry out these practices. The study also included the results form to record and tabulate the obtained values.

Keywords: fluid mechanics, physical model, orifice, hydraulic load, discharge coefficients, coefficient of speed, coefficient of contraction, methodological guide.



Ing. María Belén Arévalo D., M.Sc.

Thesis Director



Yaco Eduardo Guamán Huilca



Ing. José Fernando Vázquez C., M.Sc.

Faculty Director



Christian Ismael Jiménez Duchi

Authors

INTRODUCCIÓN

Antiguamente, la materia de hidráulica se estudiaba únicamente en base a teoría, por lo que desde un punto de vista más didáctico, se vio la necesidad de implementar modelos físicos que faciliten el aprendizaje.

Para el proyecto “Elaboración de un modelo físico y la guía metodológica para la práctica de orificios” es fundamental el estudio del comportamiento del fluido. Este estudio se basa en el paso del fluido a través de una sección o área contraída, en el que intervienen la forma y dimensiones del orificio, la velocidad, coeficientes de contracción, coeficientes de velocidad, coeficientes de descarga, caudal y carga hidráulica. Para este análisis se requiere construir un modelo físico, con el propósito de medir caudales mediante ensayos. Esto se plantea realizar con la implementación de una bomba hidráulica, que permitirá que el fluido contenido en el sistema recircule manteniendo así el nivel de fluido constante para realizar los ensayos. El modelo físico será elaborado en vidrio con una estructura de metal, la cual ofrecerá seguridad y poseerá orificios de diferente forma a diferentes niveles de altura. Adicionalmente se elaborará un canal de salida y tanque el cual contendrá el agua para recirculación.

Finalmente se elaborará una guía metodológica que contendrá todos los pasos, normas y recomendaciones a seguir en la realización del respectivo ensayo. Estas guías servirán como apoyo para que los estudiantes obtengan los resultados deseados a lo largo de la práctica.

PROBLEMÁTICA

Puesto que en la Universidad del Azuay la asignatura de Mecánica de Fluidos se imparte la mayor parte del tiempo en base a teoría y no cuenta con un laboratorio de Hidráulica para realizar ensayos que refuercen los conocimientos de los estudiantes, se ve la necesidad de implementar un laboratorio que cuente con un modelo físico y guía metodológica para los ensayos de orificios.

Este ensayo tendrá una gran importancia, porque ayudará a la correcta comprensión de materias de ciclos superiores relacionadas con el aprovechamiento del agua.

JUSTIFICACIÓN

Con la implementación del modelo físico y guía metodológica del tema de Orificios, los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay podrán realizar los ensayos necesarios que permitan reforzar los conocimientos adquiridos en clases y solventar cualquier duda que exista.

Con la realización de este ensayo se logrará cumplir con los objetivos planteados por la asignatura, además, de esta forma lograremos impulsar a los estudiantes a un mejor aprendizaje por medio de la enseñanza activa y didáctica con la utilización de maquetas.

OBJETIVO GENERAL

Realizar el modelo físico y la guía metodológica para la práctica de laboratorio de orificios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los formatos que se utilizarán para la implementación de la guía metodológica y recopilar toda la información correspondiente al tema de orificios.
- Diseñar el experimento a escala de laboratorio para la simulación de procesos y el estudio de orificios.
- Verificar que los cálculos obtenidos en las pruebas realizadas en la maqueta construida tengan relación con los resultados obtenidos en el diseño.
- Elaborar una guía metodológica para los respectivos ensayos.

ALCANCES Y RESULTADOS

Para el presente trabajo de titulación se realizará un modelo físico a escala que representará las características y comportamientos en cuanto al tema de Orificios. Dicho modelo será realizado con materiales resistentes que perduren con el tiempo y garanticen un funcionamiento adecuado. Además, contará con una guía metodológica que será elaborada en base a normas y especificaciones, la cual contendrá una serie de pasos a seguir, a lo largo del ensayo.

Como resultados se espera reforzar el conocimiento de los estudiantes mediante la entrega de una ficha formato con una descripción detallada que les permita tomar los parámetros necesarios y realizar los cálculos para el ensayo de laboratorio de manera individual o grupal, y así finalmente obtener resultados válidos.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Orificios

1.1.1 Definiciones

Orificio

Los orificios desde el punto de vista de Mecánica de Fluidos se definen como una perforación generalmente de aspecto regular y perímetro cerrado ubicados por debajo de una superficie libre de agua u otro líquido, ya sea que este se encuentre ubicado en la pared o el fondo de un depósito cualquiera como tanques, tuberías, canales, depósitos o almacenamientos, a través del cual se evacua el líquido contenido en el depósito.

La corriente líquida evacuada a través del orificio de descarga libre se denomina chorro o vena líquida, tiene una trayectoria parabólica, y consta de una componente horizontal y vertical. (Rodríguez Díaz, 2001, págs. 107-108)

Gasto

Se llama gasto o también flujo, al volumen de un fluido que sale por un orificio, o que pasa por una sección transversal de un tubo o circuito en la unidad de tiempo. Es igual al producto de la sección del orificio o del tubo por la velocidad con que sale o discurre el fluido. (Galan Garcia, 1987, pág. 59)

$$q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left(\frac{m^3}{s} \right) \quad (\text{Ec.1})$$

Carga hidráulica

Es la energía por unidad de peso líquido en cualquier sección, o carga hidráulica de la corriente, H, se obtiene a partir de la siguiente expresión general (Cavadid, 2006, pág. 70).

$$H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad (m) \quad (\text{Ec.2})$$

1.1.2 Clasificación

1.1.2.1 Por su ancho de pared

Según su ancho de pared estos pueden ser: pared delgada y pared gruesa.

- Pared delgada

Se denomina orificios de pared delgada, cuando la lámina líquida y la pared tienen contacto alrededor de una arista afilada

En los orificios de pared delgada se considera que el espesor (e) de la pared deberá ser menor a 1.5 veces el alto del orificio (a), el mismo que se encuentra representado en la Figura

1.1.2.1.1

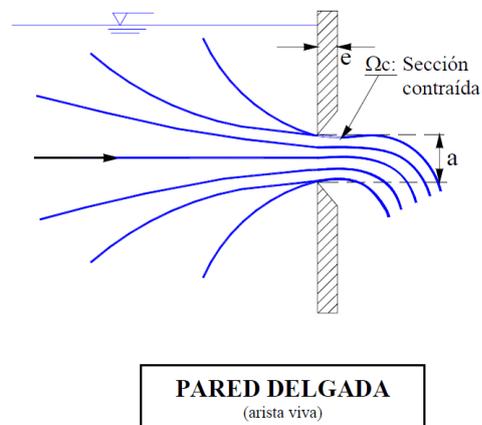


Figura 1.1.2.1.1

Orificio de pared delgada

Fuente: (Pérez Farras, 2005). Pág. 3

- Pared gruesa

De acuerdo a la Figura 1.1.2.1.2, los orificios de pared gruesa o también conocidos como de tubo corto, son aquellos en los que la lámina líquida que sale toca el contorno del orificio de la pared. Se caracteriza por tener una disminución de velocidad, viscosidad y pérdida de energía entre la sección contraída y la final.

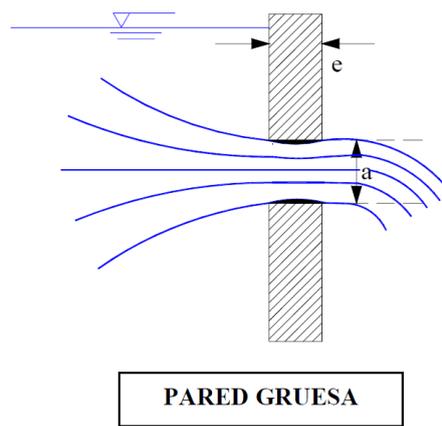


Figura 1.1.2.1.2

Orificio de pared gruesa

Fuente: (Pérez Farras, 2005). pág. 3

1.1.2.2 Por su forma

Estos orificios se clasifican de la siguiente manera, los mismos que se pueden observar en la Figura 1.1.2.2:

- Orificios circulares.
- Orificios rectangulares.
- Orificios cuadrados.

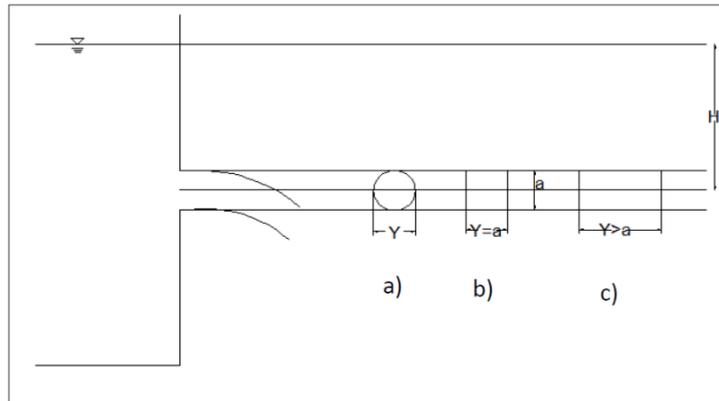


Figura 1.1.2.2
Orificios por su forma.

Fuente: (Azevedo & Acosta Álvarez, 1967). pág. 3

1.1.2.3 Por su función (libre y ahogado)

- Descarga libre

En este caso la vena líquida desfoga libremente hacia la atmósfera, formando una trayectoria parabólica (Sotelo Davila, 2001), página 212. El mismo que se encuentra representado en la Figura 1.1.2.3.1.

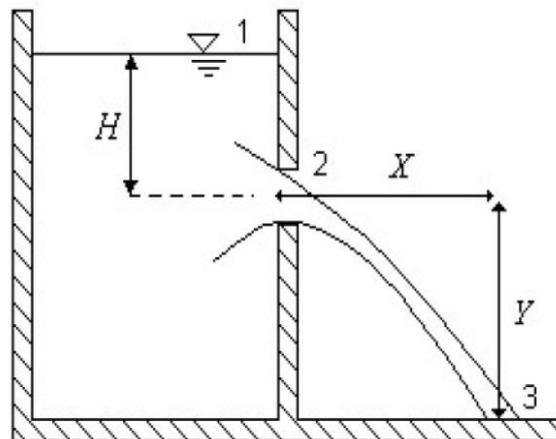


Figura 1.1.2.3.1
Orificio de descarga libre

Fuente: (Azevedo & Acosta Álvarez, 1967). pág. 3

- Descarga ahogada

Se define como orificios con descarga ahogada cuando el chorro que desfoga de un tanque y descarga a otro cuyo nivel del líquido está por encima del orificio (ibíd., 2001) página 212. El mismo que se encuentra representado en la Figura 1.1.2.3.2.

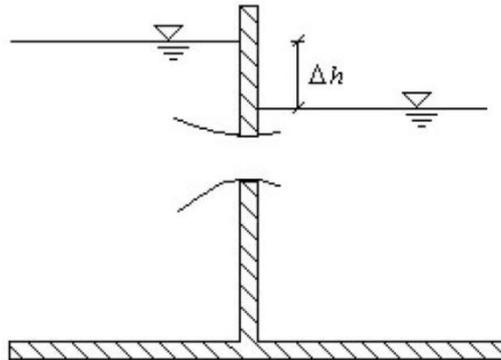


Figura 1.1.2.3.2

Orificios de descarga ahogada

Fuente: (Azevedo & Acosta Álvarez, 1967). pág. 4

1.1.3 Ecuaciones que intervienen en el cálculo

1.1.3.1 Velocidad teórica

Cálculo de la velocidad teórica (V_t).

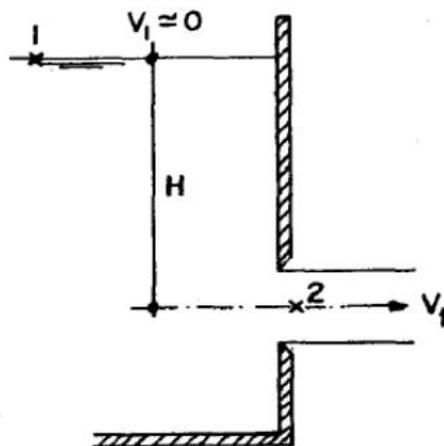


Figura 1.1.3.1

Cálculo de la velocidad teórica.

Fuente: (Rodríguez Díaz, 2001). pág. 113

Aplicando la ecuación de Torricelli desde el punto 1 al punto 2, de la figura 1.1.3.1.

$$H + \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2 * g} = 0 + \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2 * g} \quad (\text{Ec.3})$$

Conociendo que la velocidad en el punto (Va) es nula y las presiones son despreciables por estar en contacto con la atmosfera, tendremos lo siguiente:

$$H + \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2 * g} = 0 + \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2 * g}$$

$$V_2 = \sqrt{2 * g * H}$$

Donde $V_2 = V_t$

$$\therefore V_t = \sqrt{2 * g * H} \quad (\text{Ec.4})$$

1.1.3.2 Coeficientes que intervienen en los orificios

1.1.3.2.1 Coeficiente de contracción

El coeficiente de contracción es la relación que existe entre el área de la sección contraída de la vena del chorro y la del orificio por la que fluye el líquido.

$$c_c = \frac{A_{ch}}{A_o} \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

A_{ch} = Área del chorro;

A_o = Área del orificio;

c_c = Coeficiente de contracción.

1.1.3.2.2 Coeficiente de velocidad

Es la relación que existe entre la velocidad real y la velocidad teórica.

$$c_v = \frac{V_r}{V_t} \quad (\text{Ec.6})$$

Reemplazando la (Ec.4) en la (Ec.6) obtenemos lo siguiente:

$$c_v = \frac{V_r}{\sqrt{2 * g * H}} \quad (\text{Ec.7})$$

De la misma manera, mediante el análisis del movimiento parabólico, se determinan las ecuaciones usadas para calcular el c_v , basadas en el gráfico de la Figura 1.1.2.3.1.

- Para el eje X

$$X = X_o + V_x * t$$

Considerando que el punto de referencia es la salida del líquido, se despreciará el valor de X_o ; por lo que la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$X = V_x * t$$

Realizando un despeje obtenemos lo siguiente:

$$V_x = \frac{X}{t} \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

X= Coordenada horizontal del chorro;

X_o = Posición inicial del líquido;

V_x = Velocidad horizontal;

t= Tiempo que tarda el líquido en desplazarse.

- Para el eje Y

$$Y = Y_o + V_{o_y} * t + \frac{1}{2} * g * t^2$$

Considerando que el punto de referencia es la salida del líquido, se despreciará el valor de Y_o , bajo la acción de la gravedad y la velocidad inicial cero, la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$y = \frac{1}{2} * g * t^2$$

Realizando un despeje de la ecuación se obtiene lo siguiente:

$$t = \sqrt{\frac{2 * Y}{g}} \quad (\text{Ec.9})$$

Tomando en cuenta que:

$$V_x = V_r \quad (\text{Ec.10})$$

Relacionando la ecuación 8 y 10:

$$V_r = \frac{X}{t} \quad (\text{Ec.11})$$

Reemplazando la Ec.9 en la Ec.11 se obtiene:

$$V_r = \frac{X}{\sqrt{\frac{2*Y}{g}}} \quad (\text{Ec.12})$$

Finalmente sustituyendo la Ec.12 en la Ec.7:

$$C_v = \frac{\frac{X}{\sqrt{\frac{2*Y}{g}}}}{\sqrt{2 * g * H}}$$
$$C_v = \frac{X}{2*\sqrt{Y*H}} \quad (\text{Ec.13})$$

1.1.3.2.3 Coeficiente de descarga

El coeficiente de descarga es la relación existente entre el caudal real y el caudal teórico que pasa a través del orificio.

$$C_d = \frac{Q_r}{Q_t} \quad (\text{Ec.14})$$

$$Q_r = V_r * A_{ch}$$

$$Q_t = V_t * A_o$$

Reemplazando las ecuaciones de caudal real y el caudal teórico en la Ec.14, se tiene lo siguiente:

$$C_d = \frac{V_r * A_{ch}}{V_t * A_o}$$

Como;

$$V_r = C_v * V_t$$

y;

$$A_{ch} = C_c * A_o$$

Sustituyendo las ecuaciones de velocidad real y área del chorro:

$$C_d = \frac{C_v * V_t * C_c * A_o}{V_t * A_o}$$

$$\therefore C_d = C_c * C_v \quad (\text{Ec.15})$$

De la Ec.14 también se puede deducir la siguiente expresión:

$$C_d = \frac{Q_r}{A_o * \sqrt{2 * g * H}} \quad (\text{Ec.16})$$

A continuación, se puede observar la variación de los coeficientes C_d , C_v , y C_c , con el número de Reynolds en un orificio circular.

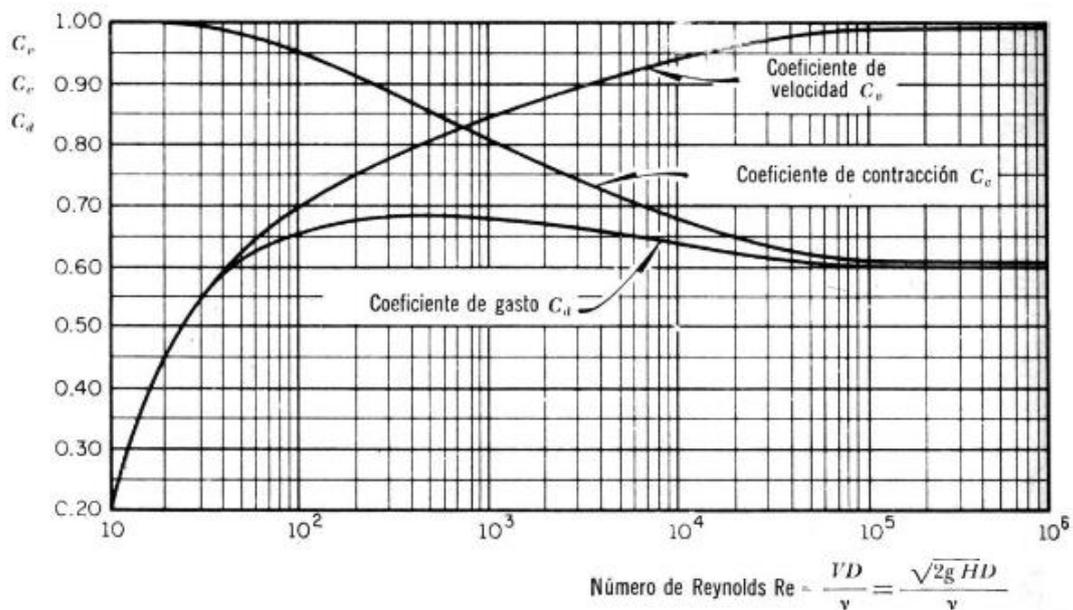


Figura 1.1.4.

Variación de los coeficientes de descarga (c_d), velocidad (c_v), y contracción (c_c), con el número de Reynolds en un orificio circular.

Fuente: (Sotelo Dávila, 2001), pág. 208.

En la Figura 1.1.4. se puede observar la variación de los coeficientes de descarga (C_d), velocidad (C_v), y contracción (C_c), con el número de Reynolds en un orificio circular.

A continuación, en las figuras 1.1.4.1, 1.1.4.2 y 1.1.4.3 se podrá observar una pequeña variación de la carga hidráulica H , en los coeficientes de descarga (C_d), velocidad (C_v), y contracción (C_c), que tienden a disiparse cuando H supera los 3.0m. Los mayores valores de C_c y C_d se obtienen con diámetros inferiores, por otro lado los mayores valores de C_v se obtienen con los diámetros más grandes.

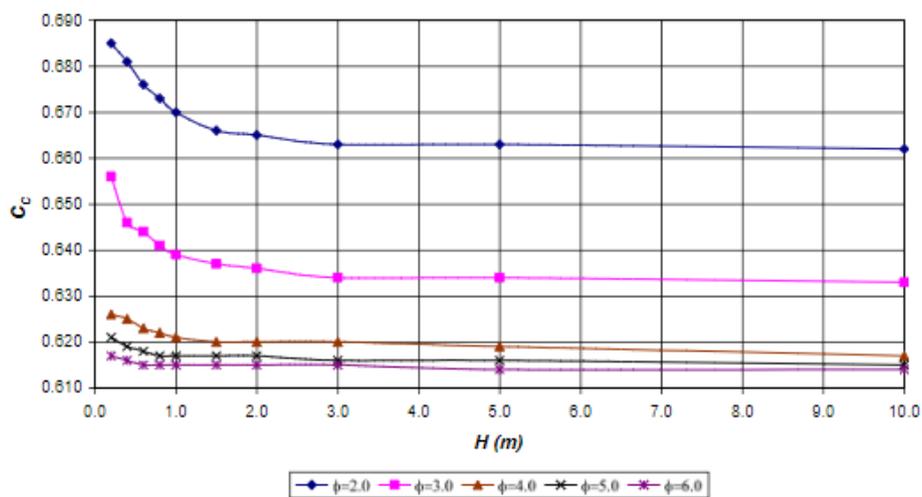


Figura 1.1.4.1

Variación del coeficiente de contracción (c_c) en orificios circulares para diferentes diámetros ϕ .

Fuente: (Sotelo Dávila, 2001), pág. 7.

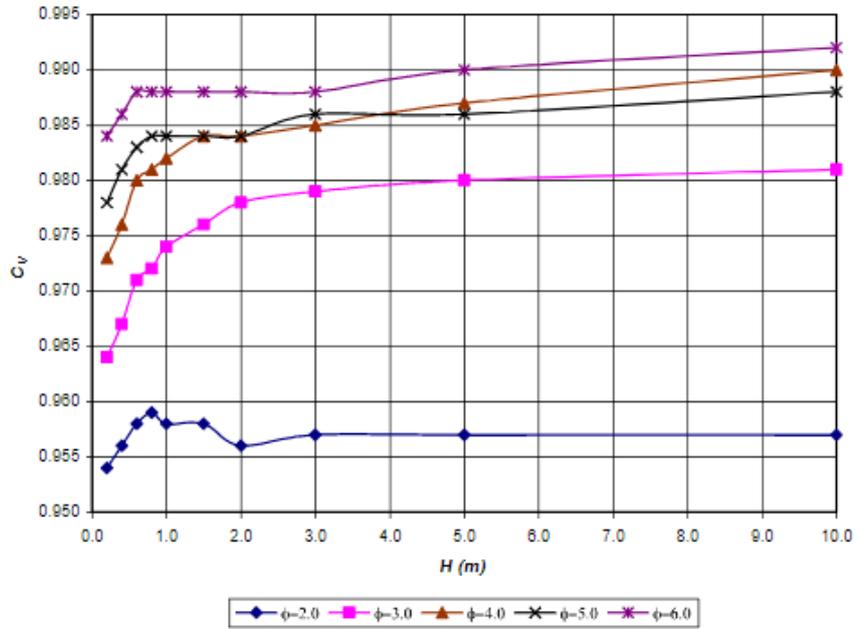


Figura 1.1.4.2

Variación del coeficiente de velocidad (C_v) en orificios circulares para diferentes diámetros ϕ .

Fuente: (Sotelo Dávila, 2001), pág. 8.

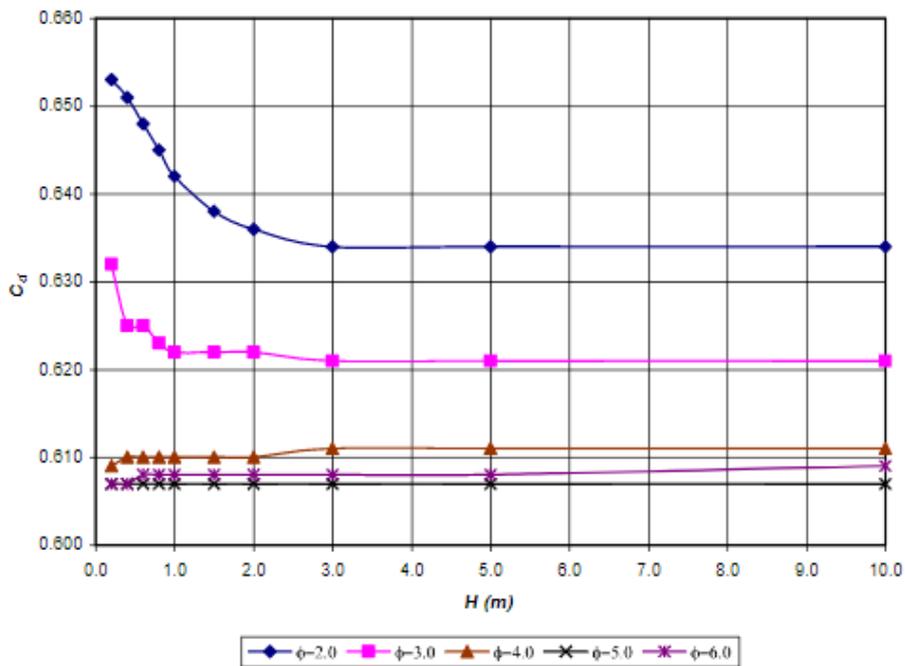


Figura 1.1.4.3

Variación del coeficiente de descarga (C_d) en orificios circulares para diferentes diámetros ϕ

Fuente: (Sotelo Dávila, 2001), pág. 8.

A continuación, en la Figura 1.1.5 se indicarán los coeficientes de descarga medios.

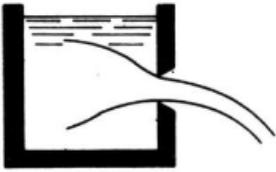
<i>Casos</i>	<i>C_c</i>	<i>C_v</i>	<i>C_d</i>	<i>Observaciones</i>
	0.62	0.985	0.61	Valores medios para orificios comunes de pared delgada.

Figura 1.1.5

Coeficientes medios de contracción (c_c), velocidad (c_v), y descarga (c_d).

Fuente: (Azevedo & Acosta Álvarez, 1967), página 9

1.1.3.3 Gasto

$$Q_r = C_c * C_v * A_o * \sqrt{2 * g * H} \quad (\text{Ec.17})$$

Remplazando la Ec.15 en la Ec.17, tenemos:

$$Q_r = C_d * A_o * \sqrt{2 * g * H} \quad (\text{Ec.18})$$

1.2 Guías metodológicas

1.2.1 Definición

Una guía metodológica está definida como un documento técnico que contiene un conjunto de procesos educativos, conceptos e instrucciones. Las mismas que servirán para llevar a cabo una actividad o trabajo de manera eficaz (Rodríguez, 2012).

También es el conjunto de principios pedagógicos, temas y pasos didácticos que deben tenerse en cuenta en un plan global de trabajo y hace referencia a algunos principios pedagógicos básicos que pueden ayudar en la toma de las decisiones para estructurar las distintas actividades que se llevarán a cabo (Rodríguez, 2012).

1.2.2 Objetivo

1.2.2.1 Objetivo general

El objetivo de la guía metodológica es el brindar ciertos lineamientos generales que ayuden a comprender la información de una mejor manera durante la realización de la práctica.

1.2.2.2 Objetivos específicos

- Guiar a los estudiantes durante el proceso del ensayo de orificios.
- Ayudar a los estudiantes a la realización de la práctica con la finalidad de lograr comprender su importancia y funcionamiento.
- Integración del aprendizaje adquirido en clases por parte del estudiante y la práctica en laboratorio.

1.2.3 Partes

1.2.3.1 Título de la práctica

En este punto se refleja el tema de la práctica, la misma que deberá estar relacionada con el tema o problema del estudio.

1.2.3.2 Introducción

Consiste en la integración de aspectos teóricos básicos necesarios de la materia a tratar. Entre los cuales están teorías, leyes, métodos, técnicas y estrategias que ayudarán en el proceso de realización de la práctica.

Este punto debe ser breve, concreto, suficiente y deberá estar apoyada en referencias bibliográficas que se utilizarán para el desarrollo de la práctica.

Además, será necesario mencionar ciertos aspectos de seguridad requeridos para la realización de la práctica, entre los cuales están las advertencias sobre los riesgos del manejo de equipos, máquinas y herramientas. Las mismas que deberán destacarse mediante un aviso ya sea con diferente tipo de letra, tamaño y color.

También se deberá tener en cuenta para evitar riesgos:

- Las normas, precauciones y prohibiciones.
- Utilización del equipo de protección personal necesario para realizar las diferentes actividades.
- Aclaraciones sobre lo que no se debe realizar durante la práctica.
- Secuencia de actividades y tiempos destinados a la práctica.

1.2.3.3 Objetivos de la práctica

En este apartado se va a indicar la meta final a la cual se quiere llegar con la ejecución de la práctica o experimento. Los objetivos deberán estar redactados en forma concisa, clara, ordenada, con un lenguaje sencillo y lo más apegado a la situación que se busca, a más de que deben utilizarse verbos en infinitivo y no genéricos para así evitar la ambigüedad.

Estos objetivos también deberán expresar tanto las destrezas o conocimientos que se pretende que el estudiante obtenga al término del ensayo.

1.2.3.4 Metodología

En este punto se describe el proceso técnico o los pasos a seguir para lograr el objetivo general propuesto del experimento, con la ayuda de cálculos, fórmulas y otros procedimientos. Donde lo esencial es expresar claramente la secuencia en la formulación y desarrollo del experimento en laboratorio o campo.

1.2.3.5 Recursos materiales y equipos

Tiene que ver con los materiales y equipos entre los cuales abordan elementos físicos y dispositivos de medición, los mismos que serán necesarios para la práctica y aprendizaje de los estudiantes.

Se deberá procurar que los equipos de trabajo consten de máximo cinco personas con el fin de que todos puedan intervenir en la práctica favoreciendo la discusión y una sana competencia entre los estudiantes a lo largo de la práctica, esto con el objetivo de que no existan estudiantes que solo estén de espectadores, limitando así la copia de resultados de quienes si realizan la práctica.

1.2.3.6 Descripción del desarrollo de la práctica

En este apartado se deberá incluir la secuencia de pasos a seguir dentro de la práctica a realizarse, ya sea para el manejo de dispositivos o equipos. Estos pasos deberán seguir una secuencia rigurosa y coherente para el estudio del experimento.

Este apartado también deberá ser diseñado de tal forma que los alumnos tengan un máximo de participación y el profesor se convierta en guía del estudiante siendo mínima su intervención en las actividades de la práctica, dando mayor protagonismo al estudiante. La práctica debe ser un trabajo de investigación que culmine con un informe por parte del estudiante, que deberá ser evaluado por el profesor.

1.2.3.7 Cálculos

Es el procesamiento de datos que el estudiante deberá realizar luego de la ejecución del ensayo. En este se detallarán cada una de las fórmulas a emplearse, así como constantes y otros datos que el estudiante requiere para obtener resultados.

1.2.3.8 Bibliografía

En este apartado se indicará toda la bibliografía básica y complementaria que fueron utilizadas para elaborar el contenido de la práctica, los mismos que se recomiendan sean obtenidos de revistas que publican trabajos experimentales en relación con el tema así como libros publicados recientemente. En algunos casos será necesario incluir un breve comentario sobre las revistas incluidas debido a que cada una presenta un rasgo distintivo, aunque en conjunto representan la base de la investigación actual.

1.2.3.9 Resultados y conclusiones

El propósito de los resultados es el presentar los datos obtenidos durante la realización del experimento, los mismos que ayudarán a apreciar el grado de conocimiento alcanzado. Los

resultados reflejarán que la actividad práctica realizada dio una solución para el problema planteado.

Además, los estudiantes deberán preparar un informe acerca del experimento y sus resultados. El mismo que deberá tener una estructura congruente con cada una de las etapas del experimento y contener toda la información.

El propósito del apartado de conclusiones es que al finalizar la práctica los estudiantes deberán estar capacitados para generar conclusiones propias o juicios de valor luego de la experiencia obtenida, en algunos casos incluyen recomendaciones para futuros experimentos relacionados con el tema.

De manera adicional se puede agregar preguntas, las mismas que servirán para verificar los resultados y el tipo de interpretación que los alumnos han realizado a partir de la discusión de estos.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL EXPERIMENTO

2.1 Objetivos

- Identificar las variables que intervendrán en el proceso.
- Diseñar las dimensiones y forma del modelo físico para la práctica de orificios.
- Construir el modelo físico con materiales resistentes.
- Garantizar que el modelo físico funcione adecuadamente.
- Esquematizar los pasos del análisis del experimento.

2.2 Variables

- Área del orificio.
- Carga hidráulica.
- Forma de la sección del orificio.
- Coeficiente de descarga.
- Coeficiente de contracción.
- Coeficiente de velocidad.

2.3 Materiales

Según lo investigado en bibliografía se pudo definir las dimensiones del modelo físico, mientras que los materiales fueron elegidos de acuerdo a su durabilidad y disponibilidad en el mercado

- Tanque de 0.5x0.5x1.2 m.
- Vidrio de 6 mm templado para la parte de los orificios.
- Vidrio de 6 mm para las otras paredes restantes.
- Canal de salida de 0.3x0.3x1.5 m.
- Orificios.
 - Circular de 1 cm de diámetro.
 - Cuadrado 1.5x1.5 cm.
 - Rectangular de 1.5x1 cm.
- Bomba hidráulica de 1 Hp.

- Tubería de 1”.
- Armazón de hierro.
- Mesa de hierro para soporte de la maqueta.
- Tapones para orificios.
- Calibrador (pie de rey).
- Probeta.
- Cronometro.

2.4.4 Tuberías y accesorios

Las tuberías y accesorios son de PVC de 1”, estos materiales fueron cortados y adaptados a las dimensiones para su correcta recirculación. Una vez cortados se unieron mediante pegamento especial para tuberías.

2.4.5 Tanque de reserva

El tanque de reserva fue elaborado con vidrio de 8 mm para los lados y de 6 mm para la base, los mismos que fueron reforzados con perfiles de aluminio en todas las uniones.

2.4.6 Mesa de soporte del modelo físico

La mesa de soporte fue construida con perfiles rectangulares de hierro y planchas de 3 mm para la base sobre la cual se asentó el tanque principal, el tanque de reserva, la bomba y el canal de salida.

2.4.7 Conexión del sistema de recirculación

Para la recirculación del sistema hidráulico se usó tuberías de 1”, codos, neplos, llaves y adaptadores universales. Las llaves fueron colocadas a la salida de la bomba de manera que se pueda corregir la salida de agua para así mantener el nivel deseado.

2.4.8 Esquema del modelo físico

ESQUEMA DEL MODELO HIDRÁULICO

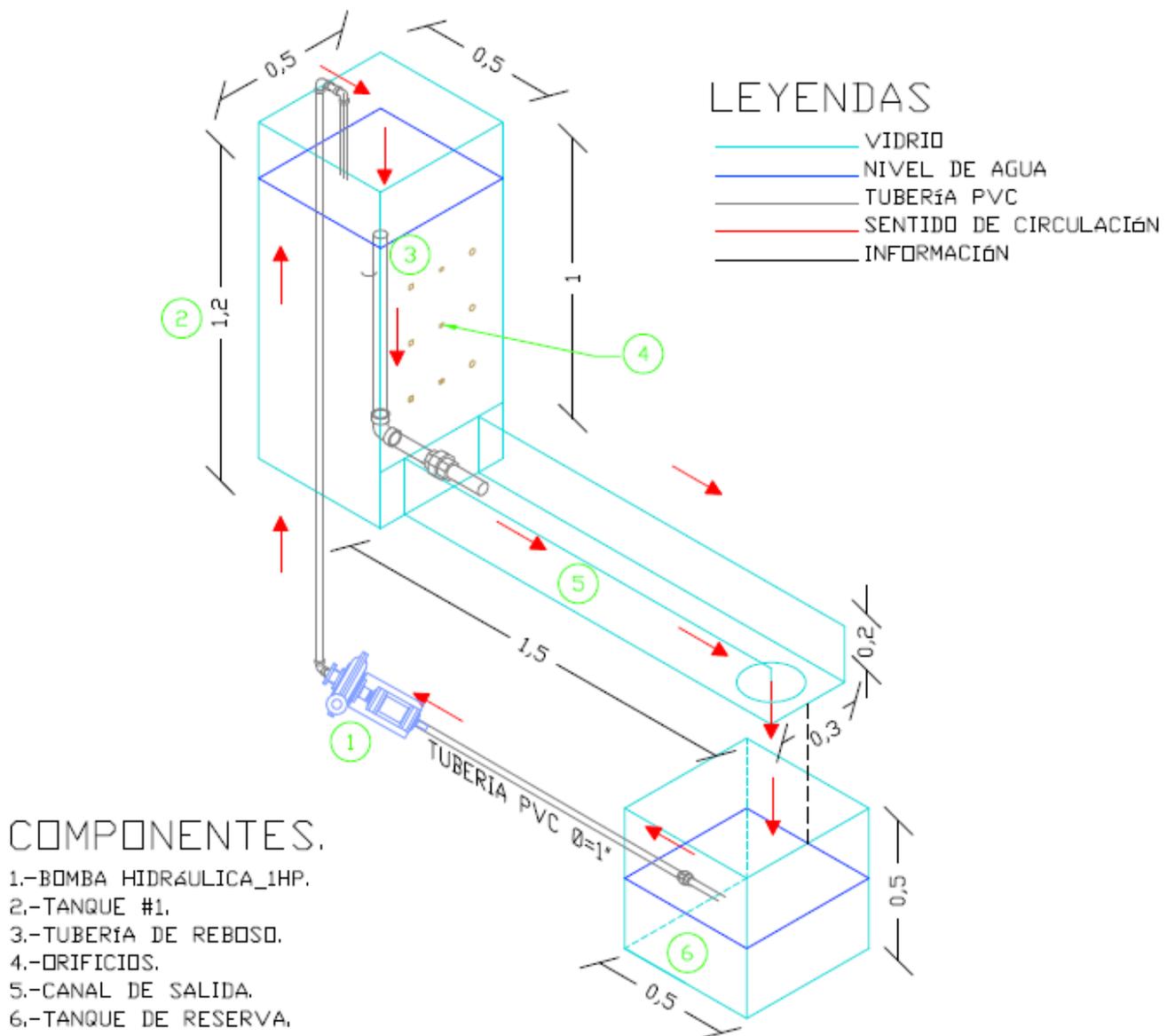


Figura 2.4.8

Esquema del modelo hidráulico.

Fuente: elaboracion propia

2.5 Instalación del modelo

Se colocó el tanque sobre la mesa de soporte, este tanque fue asegurado a la mesa mediante pernos que evitarán que el mismo se resbale en el transcurso de la práctica, luego se colocó el canal de salida, seguidamente se colocó el tanque de reserva y finalmente la bomba con sus respectivas conexiones como se puede apreciar en la figura 2.5



Figura 2.5

Instalación del modelo físico.

Fuente: elaboración propia

2.6 Procedimiento y puesta a funcionar

Revisar que los tapones estén colocados correctamente para que no existan fugas, como se observa en la figura 2.6.1



Figura 2.6.1

Ajuste de los tapones.

Fuente: elaboracion propia

Posteriormente llenar el tanque hasta el nivel de la tubería de reboso como se indica en la figura 2.6.2



Figura 2.6.2

Colocación de agua en el tanque principal.

Fuente: elaboracion propia

Luego, como se puede observar en la figura 2.6.3, llenar el tanque de reserva, mediante este proceso se llevará a cabo el cebado automático de la bomba.



Figura 2.6.3

Colocación de agua en el tanque de reserva.

Fuente: elaboracion propia

Luego se encenderá la bomba hidráulica de la figura 2.6.4 para que se dé la recirculación del agua.



Figura 2.6.4

Bomba hidráulica.

Fuente: Elaboracion propia

Conjuntamente se retirará uno de los tapones de los orificios mientras los demás permanecerán cerrados como se puede apreciar en la figura 2.6.5



Figura 2.6.5

Orificios.

Fuente: Elaboracion propia

Después se procederá a la toma de datos:

- Primero para mantener un nivel constante de carga en todos los orificios, se colocará la llave que va hacia el tanque principal abierta completamente y semi abierta la llave que dirige el agua de retorno hacia el tanque de reserva, a excepción del orificio de sección rectangular que se encuentra en el primer nivel, que requiere que la llave de retorno al tanque de reserva este cerrada completamente.
- Después se calculará el caudal real mediante el uso de la probeta y un cronómetro.

- Posteriormente se tomarán las medidas de carga hidráulica.
- Luego con un flexómetro se tomarán las coordenadas x e y que produce el chorro.
- Después se tomará el diámetro del chorro mediante el uso del calibrador pie de rey.

- Finalmente, con los datos obtenidos se realizará los cálculos respectivos basándose en la tabla 2.6

ENSAYOS	Carga	Gasto Volumétrico				Velocidad teórica	Diámetro del Chorro	Área del Chorro	Área del orificio	Caudal teórico	Coeficiente de contracción	Coordenadas		Coeficiente de velocidad	Coeficiente de descarga	Caudal Real
		Volumen	Volumen	Tiempo	Caudal							X(m)	Y(m)			
#	H (m)	Vol (lt)	Vol (m3)	t (seg)	$Q_{REAL} = \frac{Vol}{t}$ (m3/seg)	$V_t = \sqrt{2gH}$ (m/seg)	dch (m)	Ach (m2)	Ao (m2)	$Q_t = Ao \cdot \sqrt{2gH}$ (m3/seg)	$C_c = \frac{Ach}{Ao}$	X(m)	Y(m)	$C_v = \frac{x}{2\sqrt{yH}}$	$C_d = C_c * C_v$	$Q_r = C_d * Ao \cdot \sqrt{2gH}$ (m3/seg)
1																
2																
3																

Tabla 2.6

Cálculos y resultados.

Fuente: Elaboracion propia

2.7 Validación

El ensayo consiste en un tanque que consta de 9 orificios dispuestos en diferentes niveles de altura, el cual evacua el agua mediante un canal hacia un tanque de reserva que sirve para la recirculación del líquido con la ayuda de una bomba hidráulica con el objetivo de asegurar una carga constante dentro del tanque principal.

2.7.1 Orificios circulares

La Tabla 2.7.1 contiene los datos tomados de la práctica realizada para orificios circulares únicamente, se tomaron 2 muestras representativas para cada uno de ellos.

ENSAYOS	Carga	Gasto Volumétrico				Velocidad teórica	Diámetro del Chorro	Área del Chorro	Área del orificio	Caudal teórico	Coeficiente de contracción	Coordenadas		Coeficiente de velocidad	Coeficiente de descarga	Caudal Real
		Volumen	Volumen	Tiempo	Caudal							X(m)	Y(m)			
#	H (m)	Vol (lt)	Vol (m3)	t (seg)	$Q_{REAL} = \frac{Vol}{t}$ (m3/seg)	$V_t = \sqrt{2gH}$ (m/seg)	dch (m)	Ach (m2)	Ao (m2)	$Q_t = Ao\sqrt{2gH}$ (m3/seg)	$C_c = \frac{Ach}{Ao}$	X(m)	Y(m)	$C_v = \frac{x}{2\sqrt{YH}}$	$C_d = C_c * C_v$	$Q_r = C_d * Ao\sqrt{2gH}$ (m3/seg)
1	0.28	2	0.002	14.34	0.00013947	2.343842998	0.0085	5.675E-05	7.85398E-05	0.000184085	0.7225	0.9	0.6	1.097887582	0.793223778	0.000146021
	0.28	2	0.002	14.15	0.00014134	2.343842998	0.0085	5.675E-05	7.85398E-05	0.000184085	0.7225	0.89	0.6	1.085688831	0.784410181	0.000144398
2	0.48	2	0.002	10.65	0.00018779	3.068810845	0.0085	5.675E-05	7.85398E-05	0.000241024	0.7225	0.86	0.4	0.981336249	0.70901544	0.00017089
	0.48	2	0.002	10.6	0.00018868	3.068810845	0.0085	5.675E-05	7.85398E-05	0.000241024	0.7225	0.86	0.4	0.981336249	0.70901544	0.00017089
3	0.68	2	0.002	9.2	0.00021739	3.652615501	0.008	5.027E-05	7.85398E-05	0.000286876	0.64	0.73	0.2	0.989745214	0.633436937	0.000181718
	0.68	2	0.002	9.4	0.00021277	3.652615501	0.008	5.027E-05	7.85398E-05	0.000286876	0.64	0.73	0.2	0.989745214	0.633436937	0.000181718

Tabla 2.7.1

Validación del ensayo para orificios circulares

Fuente: Elaboración propia

2.7.2 Orificios rectangular de 1.5 cm X 1.0 cm.

La Tabla 2.7.2 contiene los datos tomados de la práctica realizada para orificios de sección rectangular únicamente, se tomó 2 muestras representativas para cada uno de ellos.

ENSAYOS	Carga	Gasto Volumétrico				Velocidad teórica	Diámetro del Chorro	Área del Chorro	Área del orificio	Caudal teórico	Coeficiente de contracción	Coordenadas		Coeficiente de velocidad	Coeficiente de descarga	Caudal Real
		Volumen	Volumen	Tiempo	Caudal							X(m)	Y(m)			
#	H (m)	Vol (lt)	Vol (m3)	t (seg)	$Q_{REAL} = \frac{Vol}{t}$ (m3/seg)	$V_t = \sqrt{2gH}$ (m/seg)	dch (m)	Ach (m2)	Ao (m2)	$Q_t = Ao\sqrt{2gH}$ (m3/seg)	$C_c = \frac{Ach}{Ao}$	X(m)	Y(m)	$C_v = \frac{x}{2\sqrt{YH}}$	$C_d = C_c * C_v$	$Q_r = C_d * Ao\sqrt{2gH}$ (m3/seg)
1	0.28	2	0.002	6.6	0.00030303	2.343842998	0.013	0.0001327	0.00015	0.000351576	0.884881931	0.8	0.6	0.975900073	0.863556341	0.000303606
	0.28	2	0.002	6.8	0.00029412	2.343842998	0.013	0.0001327	0.00015	0.000351576	0.884881931	0.795	0.6	0.969800697	0.858159114	0.000301709
2	0.48	2	0.002	5.29	0.00037807	3.068810845	0.0135	0.0001431	0.00015	0.000460322	0.954258769	0.88	0.4	1.004158022	0.958226598	0.000441092
	0.48	2	0.002	5.23	0.00038241	3.068810845	0.0135	0.0001431	0.00015	0.000460322	0.954258769	0.89	0.4	1.015568909	0.969115536	0.000446105
3	0.68	2	0.002	5.94	0.0003367	3.652615501	0.013	0.0001327	0.00015	0.000547892	0.884881931	0.76	0.2	1.030419675	0.911799751	0.000499568
	0.68	2	0.002	5.84	0.00034247	3.652615501	0.013	0.0001327	0.00015	0.000547892	0.884881931	0.76	0.2	1.030419675	0.911799751	0.000499568

Tabla 2.7.2

Validación del ensayo para orificios rectangulares

Fuente: Elaboracion propia

2.7.3 Orificios cuadrados de 1.0 cm x 1.0 cm.

La Tabla 2.7.2 contiene los datos tomados de la práctica realizada para orificios de sección cuadrada únicamente, se tomó 2 muestras representativas para cada uno de ellos.

ENSAYOS	Carga	Gasto Volumétrico				Velocidad teórica	Diámetro del Chorro	Área del Chorro	Área del orificio	Caudal teórico	Coeficiente de contracción	Coordenadas		Coeficiente de velocidad	Coeficiente de descarga	Caudal Real
		Volumen	Volumen	Tiempo	Caudal							X(m)	Y(m)			
#	H (m)	Vol (lt)	Vol (m3)	t (seg)	$Q_{REAL} = \frac{Vol}{t}$ (m3/seg)	$V_t = \sqrt{2gH}$ (m/seg)	dch (m)	Ach (m2)	Ao (m2)	$Q_t = Ao\sqrt{2gH}$ (m3/seg)	$C_c = \frac{Ach}{Ao}$	X(m)	Y(m)	$C_v = \frac{x}{2\sqrt{yH}}$	$C_d = C_c * C_v$	$Q_r = C_d * Ao\sqrt{2gH}$ (m3/seg)
1	0.28	2	0.002	10.39	0.00019249	2.343842998	0.011	9.503E-05	0.0001	0.000234384	0.950331778	0.785	0.6	0.957601947	0.91003956	0.000213299
	0.28	2	0.002	9.5	0.00021053	2.343842998	0.011	9.503E-05	0.0001	0.000234384	0.950331778	0.79	0.6	0.963701322	0.915835991	0.000214658
2	0.48	2	0.002	7.71	0.0002594	3.068810845	0.011	9.503E-05	0.0001	0.000306881	0.950331778	0.84	0.4	0.958514476	0.910906766	0.00027954
	0.48	2	0.002	7.8	0.00025641	3.068810845	0.011	9.503E-05	0.0001	0.000306881	0.950331778	0.84	0.4	0.958514476	0.910906766	0.00027954
3	0.68	2	0.002	8.33	0.0002401	3.652615501	0.01	7.854E-05	0.0001	0.000365262	0.785398163	0.66	0.2	0.894838139	0.702804231	0.000256707
	0.68	2	0.002	8.5	0.00023529	3.652615501	0.01	7.854E-05	0.0001	0.000365262	0.785398163	0.66	0.2	0.894838139	0.702804231	0.000256707

Tabla 2.7.3

Validación del ensayo para orificios cuadrados

Fuente: Elaboracion propia

2.8 Recomendaciones y mantenimiento para el correcto uso del equipo hidráulico

- Llenar el tanque y verificar que la recirculación esté funcionando correctamente para así mantener el nivel de agua constante.
- Verificar que el agua a utilizarse esté libre de impurezas que puedan dañar la bomba.
- Después de realizar el ensayo, los tapones deberán ser colocados en su sitio respectivo para evitar que se extravíen.
- Los estudiantes deberán manipular los equipos con precaución para no acortar su vida útil.
- Durante el ensayo, la manipulación de la bomba deberá ser realizada por un solo estudiante.
- La probeta deberá ser manipulada correctamente evitando que reciba golpes, puesto que es de vidrio.
- Deberán realizarse grupos de trabajo de manera que todos los estudiantes puedan observar la práctica y manipular el equipo sin dañarlo.
- El laboratorio debe encontrarse en perfectas condiciones para realizar las prácticas (limpio y que todos los implementos a utilizarse se encuentren organizados adecuadamente)
- La instalación eléctrica de la bomba debe estar en buenas condiciones para evitar el contacto con el agua y se produzca un corto circuito.
- El laboratorio debe contar con una supervisión correcta para evitar que los estudiantes realicen juegos o ingieran alimentos durante la práctica.

CAPÍTULO 3

ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 Ensayo de orificios

3.1.1 Objetivo

Determinar el gasto, coeficiente de descarga, contracción y velocidad para los orificios en diferentes situaciones de carga hidráulica, formas y áreas.

3.1.2 Alcance

Este ensayo nos permite determinar el gasto para las diferentes situaciones de carga hidráulica dependiendo de la forma del orificio.

Nota: Es indispensable cerciorarse que la carga hidráulica siempre se mantenga constante durante el ensayo, mediante la recirculación del agua.

3.1.3 Método de ensayo

El ensayo se basa en la determinación del caudal real y teórico, que es originada por la carga de agua sobre el orificio, que también depende de la forma del orificio y sus coeficientes.

Para el cálculo del caudal real se usará una probeta y cronómetro, por otra parte para la determinación del caudal teórico inicialmente se utilizará un flexómetro para medir las coordenadas generadas por la vena líquida y un calibrador (pie de rey) para medir el diámetro del chorro, con la finalidad de determinar los coeficientes que serán usados para el cálculo de dicho caudal teórico.

3.1.4 Instrumentos

Probeta: recipiente graduado de vidrio con una capacidad de 2 lts.

Flexómetro: instrumento de medida que consiste en una cinta flexible de 3 m de longitud.

Bomba de agua: bomba no sumergible de 1 Hp

Tubería: tubería PVC de diámetro de 1”.

Teflón

3.1.5 Metodología

- Primero se colocará teflón en los tapones, los mismos que serán colocados en cada uno de los orificios para así evitar fugas.
- Después se llenará el tanque número 1 hasta el nivel de la tubería de reboso.
- Luego se llenará el tanque de reserva hasta el límite señalado, mediante este paso se realizará el cebado automático de la bomba.
- Seguidamente se procederá al encendido de la bomba, una vez encendida se requiere una espera de al menos un minuto para que la recirculación se normalice.
- Se destapará cualquiera de los orificios, siempre y cuando los demás estén correctamente tapados.
- Se medirá la carga hidráulica (H) del orificio en estudio.
- Luego se procederá a la toma de datos del caudal real mediante la probeta y un cronómetro.

$$Q_r = \frac{Vol}{t} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Donde:

V: volumen medido con la probeta;

t: tiempo tomado con el cronómetro

- Luego se realizará el cálculo de la Velocidad Teórica.

$$V_t = \sqrt{2 * g * H}$$

Donde:

H: Carga Hidráulica;

g: Gravedad (9.81 m/seg^2)

- Después se procederá a tomar el diámetro del orificio (A_o).

- A continuación, se obtendrá el caudal Teórico.

$$Q_t = V_t * A_o$$

Donde:

V_t : Velocidad teórica (m/seg)

A_o : Área del orificio (m^2)

- Luego se procederá a tomar el diámetro del chorro mediante el calibrador (pie de rey).
- Seguidamente se realizará el cálculo del coeficiente de contracción.

$$C_c = \frac{A_{ch}}{A_o}$$

Donde:

A_{ch} : Área del chorro;

A_o : Área del orificio;

C_c : Coeficiente de contracción.

- A continuación, con la ayuda del flexómetro se tomarán las medidas de posición del chorro.
- Posteriormente se calculará el Coeficiente de Velocidad.

$$C_v = \frac{X}{2\sqrt{Y * H}}$$

Donde:

X: Posición horizontal del chorro (m);

Y: Posición vertical del chorro (m);

H: Carga hidráulica (m)

- A continuación, se determinará el Coeficiente de Descarga.

$$C_d = C_c * C_v$$

Donde:

C_c : Coeficiente de contracción;

C_v : Coeficiente de velocidad

- Finalmente se calculará el caudal real (Q_t) mediante los datos obtenidos, el mismo que nos servirá para realizar la comparación con el caudal obtenido mediante la probeta y cronómetro.

$$Q_r = C_d * A_o * \sqrt{2 * g * H}$$

Donde:

C_d : Coeficiente de descarga;

A_o : Área del orificio;

H: Carga Hidráulica;

g: Gravedad (9.81 m/seg^2)

3.1.6 Cálculos y resultados

ENSAYOS	Carga	Gasto Volumétrico				Velocidad teórica	Diámetro del Chorro	Área del Chorro	Área del orificio	Caudal teórico	Coeficiente de contracción	Coordenadas		Coeficiente de velocidad	Coeficiente de descarga	Caudal Real
		Volumen	Volumen	Tiempo	Caudal							X(m)	Y(m)			
#	H (m)	Vol (lt)	Vol (m3)	t (seg)	$Q_{REAL} = \frac{Vol}{t}$ (m3/seg)	$V_t = \sqrt{2gH}$ (m/seg)	dch (m)	Ach (m2)	Ao (m2)	$Q_t = Ao\sqrt{2gH}$ (m3/seg)	$C_c = \frac{Ach}{Ao}$	X(m)	Y(m)	$C_v = \frac{x}{2\sqrt{yH}}$	$C_d = C_c * C_v$	$Q_r = C_d * Ao\sqrt{2gH}$ (m3/seg)
1																
2																
3																

Tabla 2.6

Cálculos y resultados.

Fuente: Elaboracion propia

3.2.- Esquema para la guía metodológica

La estructura para realizar una guía metodológica se basa en cinco puntos que serán detallados a continuación:

3.2.1.- Descripción: se hablará sobre el tipo de elemento hidráulico con el que se va a realizar la práctica y como se irán tomando las mediciones para obtener los resultados esperados para esta prueba de laboratorio.

3.2.2.- Fórmulas a emplear: en este punto irán todas las fórmulas o ecuaciones que se usarán durante el desarrollo de la prueba de laboratorio.

3.2.3.- Procedimiento de la práctica: el enfoque de este punto es explicar paso a paso cómo realizar la práctica de divisor de caudales de la manera correcta, evitando que haya confusión en los estudiantes al momento de realizar las pruebas, y así evitar pérdidas de tiempo innecesarias.

3.2.4.- Ficha de resultados: la ficha de resultados es de vital importancia en la guía metodológica ya que en ella estarán todos los resultados obtenidos de las mediciones y cálculos correspondientes, para ello se diseñará una ficha en base al tipo de pruebas que se realizará en el modelo físico.

3.2.5.- Preguntas y recomendaciones: en vista de seguir mejorando continuamente este tipo de pruebas de laboratorio se diseñarán preguntas con el objetivo de conocer si los estudiantes adquirieron mejores destrezas al momento de hablar sobre el elemento hidráulico en cuestión y si sirvió este tipo de prácticas. Además, se dejará un espacio en blanco para que los estudiantes puedan dar sus recomendaciones sobre esta prueba de laboratorio con el fin de seguir mejorando estas pruebas y así conseguir llegar a los estudiantes de una manera directa que sea de su fácil comprensión.

3.3.- Guía metodológica

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO EN EL MODELO FÍSICO SOBRE EL ELEMENTO HIDRÁULICO DE ORIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

OBJETIVO

Proporcionar a los estudiantes un modelo de guía metodológica con el cuál puedan realizar las tareas pedidas en esta práctica de una manera ordenada y correcta alcanzando la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

DESCRIPCIÓN

La función principal de los orificios es la medición de caudal, tomando en cuenta las características del tipo de orificio en estudio y la carga hidráulica al que va a estar sometido, en esta práctica se verá más a profundidad el funcionamiento físico de este elemento con el fin de lograr profundizar el aprendizaje de los estudiantes, para ello se cuenta con un modelo físico y todos los accesorios necesarios para poder cumplir con la práctica en su totalidad, para llevar a cabo la práctica, los accesorios a utilizar serán los siguientes, una probeta y un cronómetro para calcular el caudal real, (regleta graduada o flexómetro) para determinar las coordenadas del chorro, un calibrador (pie de rey) para medir el diámetro generado por la vena líquida. El tiempo promedio para realizar la práctica completa es de 60 minutos.

FÓRMULAS A EMPLEAR

Fórmula 1: Ecuación para determinar el caudal real (Q_r)

$$Q_r = \frac{Vol}{t} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Donde:

V: volumen medido con la probeta (m^3)

t: tiempo tomado con el cronometro (seg)

Fórmula 2: Ecuación de la velocidad teórica (V_t)

$$V_t = \sqrt{2 * g * H} \text{ (m/seg)}$$

Donde:

H: Carga Hidráulica (m)

g: Gravedad (9.81 m/seg^2)

Fórmula 3: Ecuación del caudal teórico (Q_t)

$$Q_t = V_t * A_o$$

Donde:

V_t : Velocidad teórica (m/seg)

A_o : Área del orificio (m^2)

Fórmula 4: Ecuación de coeficiente de contracción (C_c)

$$C_c = \frac{A_{ch}}{A_o}$$

Donde:

A_{ch} : Área del chorro;

A_o : Área del orificio;

Fórmula 5: Ecuación de coeficiente de velocidad (C_v)

$$C_v = \frac{X}{2\sqrt{Y * H}}$$

Donde:

X: Posición horizontal del chorro (m);

Y: Posición vertical del chorro (m);

H: Carga hidráulica (m)

Fórmula 6: Ecuación de coeficiente de descarga (C_d)

$$C_d = C_c * C_v$$

Donde:

C_c : Coeficiente de contracción;

C_v : Coeficiente de velocidad

Fórmula 7: Ecuación de caudal real (Q_r)

$$Q_r = C_d * A_o * \sqrt{2 * g * H}$$

Donde:

C_d : Coeficiente de descarga;

A_o : Área del orificio;

H: Carga Hidráulica;

g: Gravedad (9.81 m/seg^2)

PROCEDIMIENTO PARA LA PRÁCTICA

PROCESO PARA LAS MEDICIONES DE LOS ORIFICIOS

- Primero se colocará teflón en los tapones, los mismos que serán colocados en cada uno de los orificios para así evitar fugas.



Figura 3.3.1

Bomba hidráulica.

Fuente: Elaboracion propia

- Después se llenará el tanque número 1 hasta el nivel de la tubería de reboso.



Figura 3.3.2

Tanque principal.

Fuente: Elaboracion propia

- Luego se llenará el tanque de reserva hasta el límite señalado, mediante este paso se realizará el cebado automático de la bomba.



Figura 3.3.3

Tanque de reserva.

Fuente: Elaboracion propia

- Seguidamente se procederá al encendido de la bomba, una vez encendida se requiere una espera de al menos un minuto para que la recirculación se normalice, para mantener un nivel constante de carga en todos los orificios, se colocará la llave que va hacia el tanque principal abierta completamente y semi abierta la llave que dirige el agua de retorno hacia el tanque de reserva, a excepción del orificio de sección rectangular que se encuentra en el primer nivel, que requiere que la llave de retorno al tanque de reserva este cerrada completamente.



Figura 3.3.4

Bomba hidráulica.

Fuente: Elaboracion propia

- Se destapará uno de los orificios, siempre y cuando los demás estén correctamente tapados. Se recomienda que el ensayo se realice analizando los orificios secuencialmente desde los que se encuentran ubicados en la parte inferior hacia la parte superior.



Figura 3.3.5

Apertura de orificios.

Fuente: Elaboracion propia

- Se medirá la carga hidráulica (H) del orificio en estudio.



Figura 3.3.6

Medición de carga hidráulica.

Fuente: Elaboracion propia

- Luego se procederá a la toma de datos del caudal real mediante la probeta y un cronómetro.



Figura 3.3.7

Medición del caudal mediante probeta.

Fuente: Elaboracion propia

$$Q_r = \frac{Vol}{t} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Donde:

V: volumen medido con la probeta;

t: tiempo tomado con el cronómetro

- Luego se realizará el cálculo de la Velocidad Teórica.

$$V_t = \sqrt{2 * g * H}$$

Donde:

H: Carga Hidráulica;

g: Gravedad (9.81 m/seg^2)

- Después se procederá a tomar el diámetro del orificio (A_o).
- A continuación, se obtendrá el caudal Teórico.

$$Q_t = V_t * A_o$$

Donde:

V_t : Velocidad teórica (m/seg)

A_o : Área del orificio (m^2)

- Luego se procederá a tomar el diámetro del chorro mediante el calibrador (pie de rey).



Figura 3.3.8

Medición del diámetro del chorro.

Fuente: Elaboracion propia

- Seguidamente se realizará el cálculo del coeficiente de contracción.

$$C_c = \frac{A_{ch}}{A_o}$$

Donde:

A_{ch} : Área del chorro;

A_o : Área del orificio;

C_c : Coeficiente de contracción.

- A continuación, con la ayuda del flexómetro se tomarán las medidas de posición del chorro.



Figura 3.3.9

Medición de las coordenadas del chorro.

Fuente: Elaboracion propia

- Posteriormente se calculará el Coeficiente de Velocidad.

$$C_v = \frac{X}{2\sqrt{Y * H}}$$

Donde:

X: Posición horizontal del chorro (m);

Y: Posición vertical del chorro (m);

H: Carga hidráulica (m)

- A continuación, se determinará el Coeficiente de Descarga.

$$C_d = C_c * C_v$$

Donde:

C_c : Coeficiente de contracción;

C_v : Coeficiente de velocidad

- Finalmente se calculará el caudal real (Q_r) mediante los datos obtenidos, el mismo que nos servirá para realizar la comparación con el caudal obtenido mediante la probeta y cronometro.

$$Q_r = C_d * A_o * \sqrt{2 * g * H}$$

Donde:

C_d : Coeficiente de descarga;

A_o : Área del orificio;

H: Carga Hidráulica;

g: Gravedad ($9.81 \text{ m}/\text{seg}^2$)

FICHA DE RESULTADOS PARA LAS MEDICIONES DE ORIFICIOS

La tabla 2.6 que se muestra a continuación muestra todos los parámetros que se necesitan y variables que se calcularán.

ENSAYOS	Carga	Gasto Volumétrico				Velocidad teórica	Diámetro del Chorro	Área del Chorro	Área del orificio	Caudal teórico	Coeficiente de contracción	Coordenadas		Coeficiente de velocidad	Coeficiente de descarga	Caudal Real
		Volumen	Volumen	Tiempo	Caudal							X(m)	Y(m)			
#	H (m)	Vol (lt)	Vol (m3)	t (seg)	$Q_{REAL} = \frac{Vol}{t}$ (m3/seg)	$V_t = \sqrt{2gH}$ (m/seg)	dch (m)	Ach (m2)	Ao (m2)	$Q_t = Ao \cdot \sqrt{2gH}$ (m3/seg)	$Cc = \frac{Ach}{Ao}$	X(m)	Y(m)	$Cv = \frac{x}{2\sqrt{YH}}$	$Cd = Cc * Cv$	$Qr = Cd * Ao \cdot \sqrt{2gH}$ (m3/seg)
1																
2																
3																

Tabla 2.6

Cálculos y resultados.

Fuente: Elaboracion propia

PREGUNTAS

1. ¿Usted cree que la carga hidráulica debe mantenerse constante? justifique su respuesta.
2. En los orificios circulares, ¿los coeficientes de contracción, velocidad y descarga calculados son similares a los valores promedios vistos en clases?
3. ¿El caudal real obtenido mediante la ayuda de la probeta es similar al obtenido mediante los cálculos realizados?
4. ¿Por qué cree usted que el caudal varía dependiendo de la carga hidráulica, forma y dimensiones del orificio?
5. ¿Por qué cree usted que la posición del chorro varía dependiendo de la carga hidráulica, forma y dimensiones del orificio?

RECOMENDACIONES

1. Tener en cuenta que la bomba trabaja a 110 voltios puesto que la misma es de 1 Hp de potencia.
2. Al momento de tomar los datos de uno de los orificios, los tapones de los demás orificios deben estar bien colocados para evitar fugas que puedan arrojar datos y resultados erróneos del orificio en estudio.
3. Antes del encendido de la bomba, el tanque de reserva deberá estar lleno de agua para evitar que la misma absorba aire y así evitar el daño de la bomba.

CONCLUSIONES

- Con la realización de este trabajo de titulación, se elaboró el modelo físico y la guía metodológica para la práctica de orificios correspondiente a la asignatura de Mecánica de Fluidos.
- Se investigó los elementos correspondientes al tema de orificios, así como sus fórmulas y variables principales, los mismos que se mencionan en el capítulo 1.
- Con la recopilación de información obtenida en el capítulo 1, se realizó el diseño del experimento. El mismo fue construido con materiales de fácil obtención y que perduren con el tiempo.
- Una vez construido el modelo físico, se realizó los ensayos correspondientes y se pudo comprobar que los datos obtenidos en las pruebas realizadas tienen relación con los datos del diseño.
- Finalmente se elaboró la guía de estudio para el ensayo, la misma que presenta un formato manejable y óptimo para la realización de la práctica, abarcando los aspectos más importantes y optimizando el tiempo empleado.

RECOMENDACIONES

- Llenar el tanque y verificar que la recirculación esté funcionando correctamente para así mantener el nivel de agua constante.
- Verificar que el agua a utilizarse esté libre de impurezas que puedan dañar la bomba.
- Los estudiantes deberán manipular los equipos con precaución para no acortar su vida útil.
- Deberán realizarse grupos de trabajo de manera que todos los estudiantes puedan observar la práctica y manipular el equipo sin dañarlo.
- El laboratorio debe encontrarse en perfectas condiciones para realizar las prácticas (limpio y que todos los implementos a utilizarse se encuentren organizados adecuadamente)
- La instalación eléctrica de la bomba debe estar en buenas condiciones para evitar el contacto con el agua y se produzca un corto circuito.
- Tener en cuenta que la bomba trabaja a 110 voltios puesto que la misma es de 1 Hp de potencia.
- Antes del encendido de la bomba, el tanque de reserva deberá estar lleno de agua para evitar que la misma absorba aire y así evitar el daño de la bomba.

BIBLIOGRAFÍA

- Azevedo, N., & Acosta Álvarez, G. (1976). *Estudio y patronamiento de orificios y boquillas (Practica numero III)*. Cauca: Universidad del Cauca.
- Cavadiid, J. (2006). *Hidráulica de canales fundamentos*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Galán García, J. L. (1987). *Sistemas de unidades físicas*. España: Reverte.
- Pérez Farras, L. (2015). *Nociones sobre orificios y vertederos, tipos de escurrimiento uniforme en canales, remansos y resaltos, y su relación con la sedimentación y la corrosión en cloacas*. Instituto de ingeniería sanitaria y ambiental.
- Puga Brazales, M. A. (Agosto de 2010). *Modelo hidráulico físico de vertederos como ayuda de aprendizaje de la materia de hidráulica*. Escuela Politecnica del Ejercito. Quito, Ecuador.
- Rodríguez Díaz, A. H. (2001). *Hidráulica experimental*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sotelo Dávila, G. (2001). *Hidráulica General*. México: Limusa.