

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN EQUIPO DE DESCARGA POR ORIFICIO,
PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA, EN
LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE,
EXTENSIÓN CANTAURA**

Autor (es):

Mariangel Cedeño Laya
Guatarama

Rhonard

Guzmán

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito
para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN EQUIPO DE DESCARGA POR ORIFICIO,
PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA, EN
LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE,
EXTENSIÓN CANTAURA**

Prof. Anabel González
Tutor Académico

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito
para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN EQUIPO DE DESCARGA POR ORIFICIO,
PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA, EN
LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE,
EXTENSIÓN CANTAURA**

El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:

APROBADO

Jurado Calificador:

Prof. Mary Medina

Jurado Principal

Prof. Jhonatan Martínez

Jurado Principal

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito
para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Mayo de 2018

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado:

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario”.

DEDICATORIA

Primeramente, quiero dedicar este logro a Dios por darme la paciencia, fortaleza y sabiduría para afrontar situaciones difíciles permitiéndome seguir adelante.

A mis padres Eliza Guatarama y José Guzmán, por darme su apoyo y confianza, enseñándome que los estudios son la mejor herencia que se le puede dar a un hijo. Gracias los amo.

A mis hermanas Frelimar, Elizabeth y Maryury por darme consejos y estar ahí cuando las necesitaba.

Rhonard José Guzmán Guatarama

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi Señor Jesucristo, porque sin Él no hubiese logrado culminar este objetivo.

También la dedico a mis padres, Dianet Laya y Manuel Cedeño, quienes me enseñaron todo lo que sé, a ser lo que soy hoy en día, y por todos sus consejos y su apoyo incondicional que me ayudaron a perseverar diciéndome que confiara en Dios y que siguiera adelante hasta ver el fruto de toda la dedicación y el esfuerzo que conlleva la realización de esta tesis de grado.

La dedico a mis Abuelos Papá Bonifacio y Mamá Carmen que con su apoyo en esta etapa de mi vida me sirvió de inspiración para completar esta meta tan importante y en especial a Papá Bonifacio siempre con sus enseñanzas y sus consejos, sé que donde se encuentra mi papito está feliz y orgulloso de mi.

También la dedico a mi tío Luis González que, aunque ya no está con nosotros, siempre estuvo orgulloso de mí.

Mariangel Carolina Cedeño Laya

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por darme fuerza y valor para terminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y apoyo brindada por mis padres, que sin duda en esta trayectoria de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis fallas y celebrando mis triunfos, sé que están orgullosos de la persona en la cual me he convertido.

A mis hermanas, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi novia Dayarit Romero, por darme su apoyo y estar ahí siempre que la necesite en las buenas y malas te amo.

Agradezco especialmente a Rolando Figueredo, Eduardo Fernández, Carlos Morón, Ronny Salazar, Eliezer Acosta, que con su conocimiento me brindaron gran apoyo y demostrándome que siempre poder contar con ellos.

Finalmente, a mi tutora, la profesora Ing. Anabel González por la colaboración y buena disposición durante la elaboración de esta tesis.

Rhonard José Guzmán Guatarama

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, quiero agradecer a mis padres, Dianet Laya y Manuel Cedeño por todo el esfuerzo que han hecho por mí en todos estos años en el recorrido de la carrera universitaria y por sus consejos en el desarrollo de esta tesis de grado alentándome para lograr esta meta que también es de ellos. También agradezco a mis abuelos José Bonifacio Laya y Carmen Prado a quien llamo cariñosamente papá Bonifacio y mamá Carmen por siempre darme palabras de aliento para seguir adelante a pesar de las adversidades y particularmente papá Bonifacio que siempre tenía una enseñanza para mí.

Gracias a mis Hermanos Marian Cedeño y Edwin Cedeño por alentarme para que no me rindiera y que no viera los obstáculos para que lograra mi objetivo. Quiero agradecer también a mi familia por su apoyo, pero especialmente a mi tía, Zobeidath Laya por estar siempre pendiente de mí y en esos momentos cuando más la necesite. A mi tío, Heinger Laya por su apoyo en esta trayectoria y siempre ponerse a disposición para que lo yo necesitara.

También a mi tío, Edser Laya por las conversaciones que siempre ha tenido conmigo aconsejándome y enseñándome cómo afrontar cada obstáculo dándome como ejemplo sus vivencias. Agradezco a mi Tutor Profesora Ing. Anabel González por su disposición y asesoramiento en el desarrollo de la tesis de grado.

Y agradezco a mi amiga Yamileth Urbáez y su mamá Yunaira Yeguez quienes, con su ayuda, apoyo moral y físico me alentaron y ayudaron en la elaboración de la tesis. A todos Muchas Gracias.

Mariangel Carolina Cedeño Laya

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE UN EQUIPO DE DESCARGA POR ORIFICIO, PARA EL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA, EN LA UNIVERSIDAD
DE ORIENTE, EXTENSIÓN CANTAURA**

Tutor:

Prof. Anabel González

Autor (es):

Guzmán G; Rhonard

Cedeño L; Mariangel

Fecha: Mayo de 2018

RESUMEN

Diseño y construcción de un equipo de descarga de líquidos por orificios contemplará el caso particular de orificios practicados directamente sobre la pared de un depósito con fluido, en el mismo que se visualiza y cuantifica la incidencia del fluido a través de medidores, para obtener los correspondientes valores de tiempo, altura y volumen; se probarán los distintos diámetros de los orificios, y, en cada caso, se compararán los caudales teóricos y reales, además de otras variables dependiendo de las condiciones de trabajo.

Después de haber investigado y estudiado el fenómeno, se realizó un sondeo en el mercado de los diferentes materiales existentes con los que se podía contar para la construcción del equipo y se seleccionaron las partes cuidadosamente. Luego se comenzó la construcción del equipo, se construyó de acuerdo a las medidas el tanque de alimentación, el de descarga y el soporte del equipo. Luego se ensambló el equipo para proceder a realizar las pruebas en él y calibrarlo. Después de varias prácticas se realizaron las conclusiones y recomendaciones para utilizar adecuadamente el equipo.

Descriptores: Orificio, Caudal, Descarga, Líquidos, Fluidos, Velocidad.

INDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	ix
RESUMEN	xi
INDICE GENERAL.....	xiii
INDICE DE FIGURAS	xviii
INDICE DE TABLAS	xviii
INTRODUCCIÓN	xx
CAPITULO I	22
EL PROBLEMA.....	22
1.1 Planteamiento del problema.....	22
1.2 Objetivos de la investigación	24
1.2.1 Objetivo general.....	24
1.2.2 Objetivos específicos.....	24
CAPITULO II	25
MARCO TEORICO	25
2.1 Antecedentes de la investigación	25
2.2 Bases Teóricas Referenciales.....	28
2.2.1 Mecánica de fluidos	28
2.2.2 Los fluidos	28
2.2.3 Líquidos	29
2.2.3.1 Propiedades de los líquidos	29
2.2.4 Canal	29
2.2.5 Orificio	30

2.2.5.1 Utilidad de los orificios.	30
2.2.5.2 Clases de orificios	31
2.2.5.3 Clasificación dependiendo de la forma de descarga.....	31
2.2.5.4 Clasificación según el tipo de pared.	33
2.2.5.5 Orificio según sus dimensiones relativas.	35
2.2.6 Ecuaciones que intervienen en cálculos	35
2.2.6.1 Coeficiente de contracción (Cc).	35
2.2.6.2 Coeficiente de velocidad (Cv).	36
2.2.6.3 Coeficiente de caudal (Cq); o coeficiente de descarga (Cd).....	37
2.2.6.4 Tiempo de desagüe (td).....	37
2.2.6.5 Caudal teórico (Qt).....	38
2.2.6.6 Caudal real (Qr).	38
2.2.6.7 Tiempo real (Tr).	39
2.2.6.8 Descarga real.....	39
2.2.6.9 Rendimiento del equipo (R)	39
2.2.6.10 Aplicación del caudal teórico y real.....	39
2.2.6.11 Número de Reynolds.	40
2.2.6.12 Rugosidad relativa	40
2.2.7 Elementos geométricos de los canales	41
CAPITULO III	43
MARCO METODOLÓGICO	43
3.1 Tipo de investigación.....	43
3.2 Nivel de investigación.....	43

3.3 Técnicas a utilizar.....	44
3.3.1 Revisión documental	44
3.3.2 Observación directa.....	44
3.3.3 Herramientas computacionales	44
3.3.4 Diagrama de Gantt	45
3.3.5 Procesamiento de datos	45
3.4 Maquinarias, equipos e instrumentos de medición.....	45
3.5 Etapas del proyecto.....	45
3.5.1 Etapa I: Revisión bibliográfica	45
3.5.2 Etapa II: Descripción de las características físicas y técnicas del equipo.....	46
3.5.3 Etapa III: Realizar cálculos métricos, cálculos estructurales y planos de ingeniería del equipo hidráulico, con los materiales escogidos.	46
3.5.4 Etapa IV Confeccionar el equipo hidráulico y ensayo para calibración.	47
3.5.5 Etapa VI: Crear la guía de operación del equipo hidráulico para la práctica de descarga por orificio.....	48
3.5.6 Etapa VII: Redacción y presentación del trabajo de grado.	48
3.6 Recursos necesarios.....	48
3.6.1 Equipos.....	48
3.6.2 Materiales	49
3.6.3 Herramientas	49
CAPÍTULO IV.....	50

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	50
4.1 Propósito del diseño	50
4.2 Alternativa de diseño	50
4.3 Geometría del tanque de descarga y tanque de alimentación	51
4.4 Selección de las partes	51
4.5 Descripción del equipo hidráulico	53
4.6 Cálculos hidráulicos	55
4.6.1 Volúmenes de tanques	55
4.6.2 Dimensiones del canal	56
4.6.3 Cálculos geométricos del canal	56
4.6.4 Selección de las tuberías	56
4.7 Diseño del sistema	58
4.7.1 Tanque de descarga	58
4.7.2 Tanque de alimentación	58
4.7.3 Canal	58
4.7.4 Orificios de descarga	59
4.7.5 Dispositivo palpador de agua	59
4.7.6 Estructura de soporte	59
4.8 Cálculos estructurales de los soportes de los equipos	60
4.9 Análisis de precios unitario A.P.U	63
4.10 Confeccionamiento del equipo hidráulico	65
4.11 Calibración del equipo	69

4.12 Creación de la guía de operación del equipo hidráulico para la práctica de descarga por orificio.....	80
CAPÍTULO V.....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
5.1 Conclusiones.....	81
5.2 Recomendaciones.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO A. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SOPORTE DEL EQUIPO EN EL PROGRAMA CESPLA 7.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B. PLANOS DEL EQUIPO.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C. MANUAL PARA LA PRÁCTICA DE DESCARGA POR ORIFICIO.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO D. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS ...	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO E. ACABADO DEL EQUIPO HIDRAULICO DE DESCARGA POR ORIFICIO.....	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades fundamentales de los fluidos.....	28
Tabla 2. Cálculos del canal.....	56
Tabla 3. Volumen de la tubería.....	57
Tabla 4. Cargas de la estructura.....	62
Tabla 5. Deformación de los nodos.....	63
Tabla 6. Calibración con orificio de 1/2".....	72
Tabla 7. Calibración de orificio de 7/16".....	73
Tabla 8. Calibración con orificio de 3/8".....	74
Tabla 9. Calibración con orificio de 5/16".....	74
Tabla 10. Calibración de orificio de 9/64".....	75
Tabla 11. Calibración con orificio de 1/8".....	77
Tabla 12. Calibración con orificio de 5/64".....	77
Tabla 13. Margen de error.....	79

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Orificio para derivar agua.....	30
Figura 2. Orificio inclinado.....	31
Figura 3. Orificio con descarga libre.	32
Figura 4. Orificios sumergidos.	32
Figura 5. Orificio de pared delgada.....	33
Figura 6. Orificio de pared gruesa.....	34
Figura 7. Orificio de tubo.....	34
Figura 8. Propiedades de los materiales.....	61
Figura 9. Ventana para crear nudo	61
Figura 10. Modelado del soporte estructural en el programa Cespla.....	62
Figura 11. Soldadura del soporte estructural.	66
Figura 12. Soporte estructural.....	66
Figura 13. Soldado de la estructura.	67
Figura 14. Tanque de descarga.	68
Figura 15. Acrílico de 6 mm.	69
Figura 16. Canal.	69

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo científico y tecnológico es sorprendente, lo que permite una innovación constante de los sistemas de producción en las diferentes áreas industriales, por lo que, se hace indispensable la actualización de conocimientos que hagan posible de una manera clara y sencilla realizar los diferentes procesos investigativos en el laboratorio hasta lograr lo que se busca, en este caso alcanzar el proceso de descarga de líquidos por orificios.

La ingeniería hidráulica es la rama de la ingeniería civil que se ocupa de la proyección y ejecución de obras importantes relacionadas con el agua, ya sea para su uso diario o hasta para la obtención de energía eléctrica. Se puede decir que dicha rama de estudio es tan antigua como la civilización misma. Esto es evidente si se piensa en la lucha del hombre por la supervivencia, que lo obligó a aprender a utilizar y controlar el agua. Por esto, las civilizaciones antiguas se desarrollaron en las proximidades de los grandes ríos y basaron su economía en la agricultura. Paulatinamente fueron utilizando el riego en sus formas primitivas.

La investigación en el laboratorio adquiere importancia debido a que los estudiantes desarrollan habilidades para resolver analíticamente problemas que surgen en ingeniería, teniendo en cuenta esto surgió la necesidad de construir un equipo hidráulico para el estudio de descarga por orificio, dicho equipo ayudara también a la dotación del laboratorio de hidráulica de la Universidad de Oriente Extensión Cantaura.

En este proyecto se contemplará el caso particular de orificios practicado directamente sobre la pared de un depósito con fluido, en el mismo que se visualizar y cuantificar la incidencia del fluido a través de

medidores, para obtener los correspondientes valores de tiempo, altura y volumen; se probará los distintos diámetros de los orificios, y, en cada caso se compararán los caudales teóricos y reales, además de otras variables dependiendo de las condiciones de trabajo.

El principal objetivo del presente trabajo de investigación contempla la construcción de un equipo para el estudio de descarga por orificio para el nuevo laboratorio de hidráulica de la Universidad de Oriente Extensión Cantaura. Esta extensión no cuenta con un laboratorio equipado por lo cual para la construcción de este equipo se tomó como referencia el equipo ubicado en el núcleo de Barcelona, así como otros modelos estudiados.

Para llevar a cabo este proyecto se requirió hacer un estudio bibliográfico del estudio de descarga por orificio, se estudiaron los diferentes tipos de orificios que se utilizan, se hizo un sondeo en el mercado de los diferentes materiales existentes en la zona para su construcción, se seleccionó la mejor opción tomando en cuenta los materiales, el costo del equipo y su facilidad para su construcción, se seleccionaron las piezas con las cuales el equipo contará, se procedió luego a construirlo y por último se realizaron las prácticas para calibrar el equipo y obtener así resultados, conclusiones y recomendaciones satisfactorias.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La Universidad de Oriente, desde hace muchos años ha formado a miles de jóvenes, en diferentes carreras, actualmente, el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente (UDO), Extensión Cantaura, ubicada en la capital del municipio Pedro María Freites, no cuenta con un laboratorio donde se realicen las prácticas exigidas en el contenido de la asignatura Laboratorio de Hidráulica (Código 70-4271), la cual pertenece al pensum de estudio de la carrera de ingeniería civil.

Debido a esto, los estudiantes que cursan la asignatura Laboratorio de Hidráulica, deben programar visitas al Núcleo Anzoátegui, ubicado en la ciudad de Barcelona, para poder realizar las prácticas de dicha asignatura, lo cual trae como consecuencia que los alumnos tengan que alquilar autobuses para el traslado hasta el Núcleo de Anzoátegui y regresar a Cantaura de noche, exponiendo así su seguridad.

Ante la situación planteada, existe la necesidad de la construcción de los diferentes equipos necesarios para realizar los estudios correspondientes a la asignatura, una de estas es la práctica de descarga por orificio. Es por esto que resulta indispensable dotar con este equipo al laboratorio de hidráulica de la Extensión Cantaura, para así aumentar los conocimientos prácticos, de los estudiantes de ingeniería civil. Sobre la base de las consideraciones anteriores, se realizó un estudio de los materiales y componentes que se requieren para la construcción del equipo y así conocer

su disponibilidad en el mercado, de manera que se eligió la mejor opción que cumple con las condiciones experimentales del equipo y poder determinar el costo de construcción del mismo.

La metodología utilizada fue la que aplicaron Velázquez y Muñoz (2010), quienes realizaron la construcción de un equipo para el estudio de bomba centrífuga y descarga por vertedero triangular, para el laboratorio de hidráulica del Departamento de Ingeniería Civil en la UDO, por lo cual, el diseño del equipo se realizó partiendo de los equipos utilizados en dicho Núcleo. Se ensamblaron las partes y componentes para realizar las pruebas de ensayo y la calibración del mismo, y finalmente, se creó el manual de uso del equipo hidráulico. Luego de haber realizado la construcción del equipo y su manual, ha sido entregado al Departamento de Ingeniería Civil para su posterior uso en el laboratorio de hidráulica.

Cabe agregar que la investigación abarca desde la descripción de las características físicas y técnicas del equipo hidráulico, realización de cálculos métricos, cálculos estructurales, planos de ingeniería, confección, ensayo de calibración, hasta la creación de la guía de operación para la práctica de descarga por orificio.

En el año 2010, se realizaron, como trabajo de investigación, alrededor de 5 equipos hidráulicos para equipar el laboratorio de ingeniería hidráulica en la UDO Núcleo Anzoátegui, entre los cuales se menciona Almeida y Cesin (2010), quienes construyeron un equipo para el estudio del resalto hidráulico en el nuevo laboratorio de hidráulica. Y en 2016, fue diseñado el primer equipo hidráulico que formara parte del laboratorio de hidráulica en la UDO Extensión Cantaura, realizado por Díaz y Segnini (2016), que construyeron un equipo hidráulico para el estudio de descarga por vertederos y resalto hidráulico.

Este proyecto es de suma importancia para la comunidad estudiantil porque brinda la posibilidad de cursar la materia en la Extensión Cantaura, lo cual disminuirá los viajes programados al Núcleo Anzoátegui, y se facilitará el aprendizaje de los alumnos de laboratorio de hidráulica. Del mismo modo, servirá de guía para la creación de futuros equipos necesarios para el laboratorio de hidráulica de la UDO - Extensión Cantaura, en investigaciones de futuros trabajos de grado como base de consulta bibliográfica, dando aportes tecnológicos que puedan mejorar la comprensión de los conocimientos teóricos y prácticos a los estudiantes de Ingeniería Civil en la UDO Extensión Cantaura.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un equipo de descarga por orificio, para el laboratorio de hidráulica, en la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura.

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir las características físicas y técnicas del equipo hidráulico.
- Realizar cálculos métricos, cálculos estructurales y planos de ingeniería del equipo hidráulico, con los materiales escogidos.
- Confeccionar el equipo hidráulico y ensayo para calibración.
- Crear la guía de operación del equipo hidráulico para la práctica de descarga por orificio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de la investigación son aquellos que de alguna u otra forma tienen relación directa con el trabajo a realizar, además, sirven de guía y de apoyo para sustentar el fundamento teórico y técnico de este proyecto de investigación. Algunos de los antecedentes de estudio son:

Díaz y Segnini (2016), construyeron un equipo para realizar las prácticas de descarga por vertederos y resalto hidráulico para el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Oriente, extensión Cantaura, con la finalidad de brindar a los estudiantes de esa casa de estudio la oportunidad de obtener conocimientos mediante la realización de prácticas de laboratorio, reforzando así los conocimientos teóricos ya obtenidos, por lo cual estudiaron todas las posibilidades existentes para colaborar con la dotación de dicho laboratorio, ejecutando así la construcción del equipo antes mencionado.

De la misma manera, la metodología utilizada por Díaz y Segnini, sirvió de guía para la fabricación de un nuevo equipo utilizando los procedimientos descritos en su investigación, tales como el sondeo de materiales, componentes y calibración del equipo, para así garantizar el ensamblado del equipo con los materiales adecuados y continuar con el equipamiento del laboratorio de hidráulica para los estudiantes de ingeniería civil en la Universidad de Oriente, extensión Cantaura.

Mientras que Castro (2014), estudió y evaluó los derivadores de caudal tipo orificio, el cual permitió obtener datos y poder evaluar de manera práctica

con un modelo a escala y así comprobar la información de diseño, encontrando la solución al problema del sistema de abastecimiento. La presente investigación permite tomar en cuenta los diferentes elementos que componen el estudio de descarga por orificio, de esta manera muestra los distintos orificios y paredes que se pueden utilizar y el comportamiento teórico para la correcta fabricación del equipo.

Así mismo, Vásquez (2013), en su trabajo de grado, observó y estudió los coeficientes de descarga, velocidad y contracción en medidores de flujo, como las compuertas de descarga en el fondo y los orificios circulares, ambos de pared delgada. Tomando en cuenta como referencia el trabajo de grado de Vásquez, se ha logrado en el proyecto observar el comportamiento teórico de descargas por orificio en paredes delgadas. Cabe destacar que este tipo de investigación es un gran aporte para realizar la práctica de laboratorio de descarga por orificio.

Finalmente, Olalla (2012), diseñó un equipo hidráulico con materiales adecuados de la zona y permitió la determinación de las ecuaciones para efectuar el cálculo de la velocidad de salida, obteniendo datos experimentales y variables de proceso mediante ensayos de laboratorio de descarga de líquidos por orificios para el correcto diseño y construcción. Este estudio sirvió como base de referencia para el proyecto en ejecución, ya que ha permitido utilizar la técnica del sondeo en el mercado, eligiendo así materiales óptimos y determinar las ecuaciones para la correcta calibración del equipo.

2.2 Bases Teóricas Referenciales

2.2.1 Mecánica de fluidos

Según Mataix (1986), es una parte de suma importancia para la mecánica permitiendo el estudio de los fluidos y sus comportamientos. En otras palabras, la mecánica de fluidos es fundamental en esta investigación porque permite conocer la característica principal que define a los fluidos y su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes (lo que provoca que carezcan de forma definida).

2.2.2 Los fluidos

Se conoce como la sustancia que, por su poca cohesión molecular, carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contenga. (*ibidem*). Es indispensable conocer que los líquidos son incompresibles debido a que su volumen no disminuye al ejercerle fuerzas muy grandes, y otra de sus propiedades es que ejercen presión sobre los cuerpos sumergidos en ellos o sobre las paredes del recipiente que los contiene, lo cual es esencial para la investigación, ya que permite saber el espesor del vidrio de acuerdo a la presión y fuerza que ejerza cierta cantidad de fluido. En la tabla 1, se aprecian las propiedades básicas de un fluido.

Tabla 1. Propiedades fundamentales de los fluidos

Propiedad	Símbolo	Unidad
Densidad	ρ	$Kg\ m^{-3}$
Volumen específico	v	m^3Kg
Peso específico	γ	$Kg\ m^{-2}s^{-1}$
Coef. compresibilidad	E	Pa
Coef. expansión térmica	β	k^{-1}
Módulo de elasticidad	κ	Pa
Viscosidad	μ	$Kg\ m^{-1}s^{-1}$ (Poiseuille)
Viscosidad cinemática	ν	m^2s^{-1}
Tensión superficial	σ	$N\ m^{-1}$

Fuente: Mataix (1986)

2.2.3 Líquidos

El líquido es un estado de agregación de la materia en forma de fluido altamente incompresible (lo que significa que su volumen es, muy aproximadamente, constante en un rango grande de presión). Por lo cual sus moléculas se adaptan al receptáculo que las contiene, están cerca unas de otras, con algunos huecos que permiten su fluidez, ejerciendo entre ellas mutuamente fuerzas de cohesión, y tienen tendencia a nivelarse.

2.2.3.1 Propiedades de los líquidos

La viscosidad de un líquido crece al aumentar el número de moles y disminuye al crecer la temperatura. La viscosidad también está relacionada con la complejidad de las moléculas que constituyen el líquido; es baja en los gases inertes licuados, y alta en los aceites pesados. Es una propiedad característica de todo fluido (líquidos o gases).

2.2.4 Canal

Según Villon (2007), son aquellos donde corre libremente el agua sin presión alguna debido a la acción de gravedad que posee. En ingeniería, se denomina canal a una construcción destinada al transporte de fluidos, generalmente utilizada para agua y que, a diferencia de las tuberías, es abierta a la atmósfera, también se utilizan como vías artificiales de navegación.

Los canales pueden ser naturales (ríos o arroyos) o artificiales (construidos por el hombre). Dentro de estos últimos, pueden incluirse conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías). La descripción del comportamiento hidráulico de los canales es una parte esencial en este estudio para la confección del canal en el que fluirá el agua.

2.2.5 Orificio

Para Villon (ibidem), son aberturas de forma regular, hecho a través de un muro, donde el agua circula haciendo contacto con todo el perímetro de dicha abertura. Se destaca que son utilizados para medir caudal que sale de algún recipiente y generalmente son redondos, pero no exclusivamente, pues también se pueden encontrar rectangulares y cuadrados, siendo vital para la elección y caracterización del orificio el cual se emplea en el equipo construido en la investigación. Se puede observar en la figura 1 el orificio circular para derivar agua de un río a un canal.

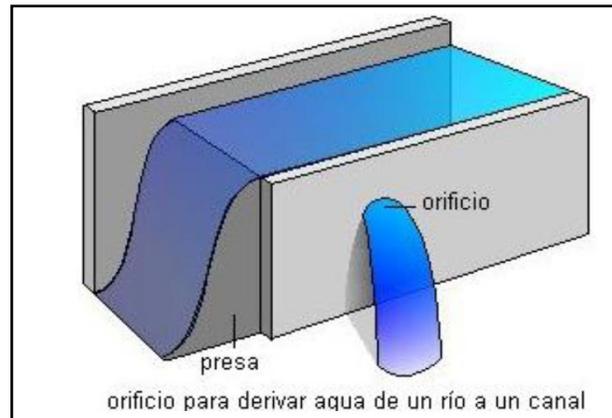


Figura 1. Orificio para derivar agua

Fuente: Villon (2007)

2.2.5.1 Utilidad de los orificios.

De acuerdo a Soletto (1997), La utilidad del orificio es descargar un caudal cuya magnitud se desea calcular, por lo cual se supone que el nivel del fluido en el recipiente permanece constante por efecto de la entrada de un caudal idéntico al que sale; o bien porque posea un volumen muy grande. Al considerar un recipiente lleno de un líquido, en cuya pared lateral se ha practicado un orificio de pequeñas dimensiones (en comparación con su

profundidad desde la superficie libre del fluido hasta el centro del orificio) y cualquier forma. Para ejemplificar lo expresado, ver figura 2 a continuación.

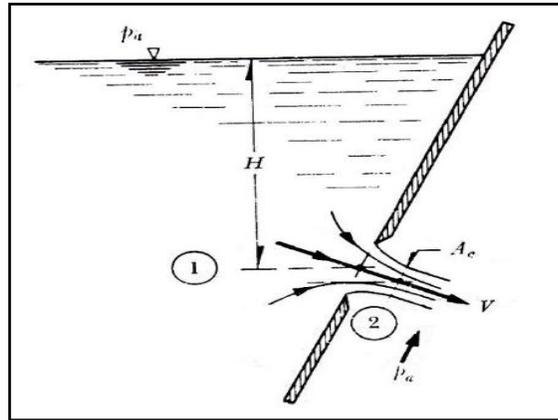


Figura 2. Orificio inclinado.

Fuente: Soletto (1997).

2.2.5.2 Clases de orificios

Al analizar los diferentes tipos de orificios que se pueden destacar en el estudio hidráulico, estos se pueden clasificar de acuerdo al tipo de pared, dependiendo de la forma de descarga y según las dimensiones del orificio. Entre los orificios, dependiendo de la forma de descarga, se pueden mencionar los orificios con descarga libre y los orificios sumergidos, mientras que entre los orificios dependiendo del tipo de pared, resaltan a los orificios de pared gruesa y de pared delgada.

2.2.5.3 Clasificación dependiendo de la forma de descarga.

- Orificios con descarga libre:

Son aquellos que descargan libremente el nivel de agua que se encuentra por debajo del orificio. (*op. cit. pág. 25*). Este tipo de orificio se representa gráficamente en la figura 3.

- Orificios sumergidos

Son los que el nivel del agua, tanto aguas arriba como aguas abajo, están por debajo del orificio. (*op. cit. pág. 26*), de manera que se pueda diferenciar las clases de orificios con los que se trabaja, y elegir el más adecuado para la investigación. Ver figura 4 en la que se puede observar un orificio sumergido.

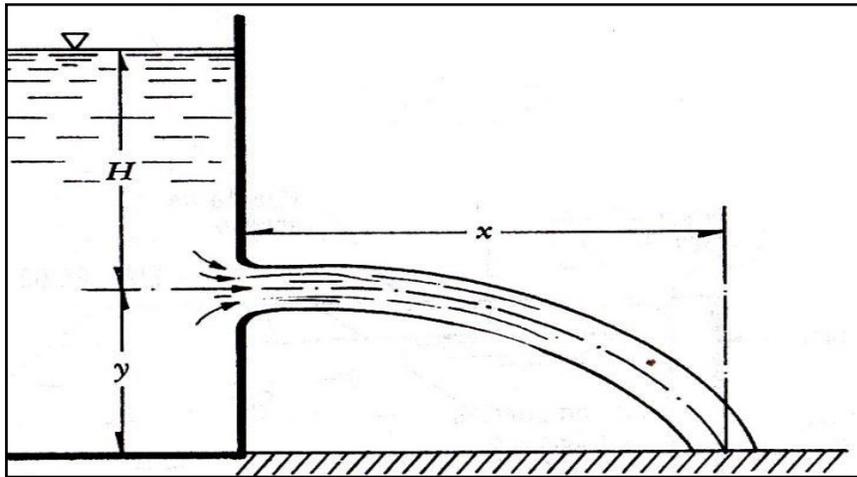


Figura 3. Orificio con descarga libre.

Fuente: Soletto (1997)

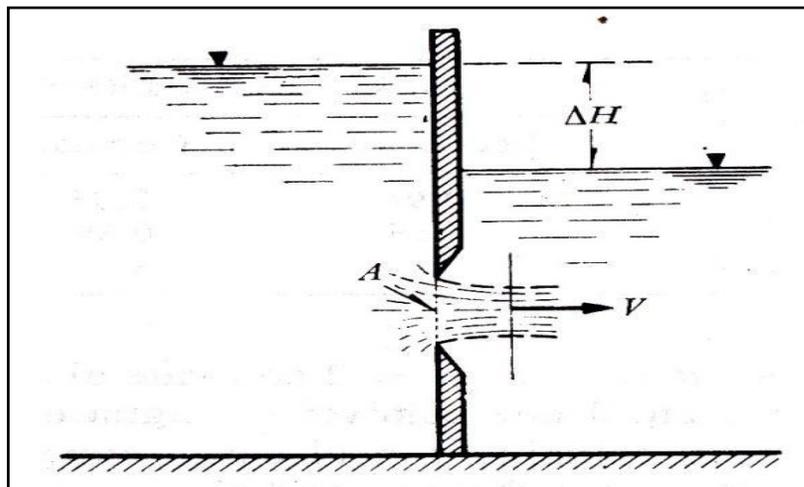


Figura 4. Orificios sumergidos.

Fuente: Soletto (1997)

2.2.5.4 Clasificación según el tipo de pared.

- De pared delgada

Según Vilchis (2015), el agua al salir tiene contacto con un solo punto y lo llena completamente. La vena líquida sufre una contracción, que llega a ser extrema en la parte que se denomina vena o sección contraída. Teniendo como característica que la velocidad del agua al atravesar el orificio sea rápido y poco agitado, tal como se aprecia en la figura 5.

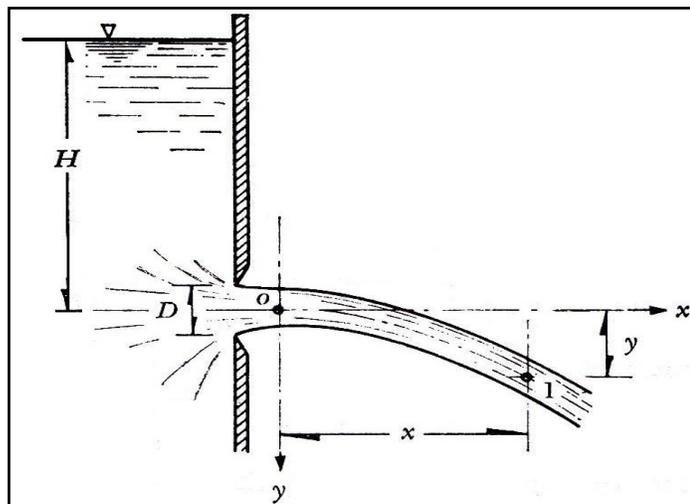


Figura 5. Orificio de pared delgada.

Fuente: Soleto (1997)

- De pared gruesa

El agua al salir tiene contacto en más de un punto, se le puede dar forma abocinada para que al salir se forme un chorro igual al diámetro del orificio. (*op. cit. pág. 25*), de esta manera se puede observar teóricamente como es el comportamiento del fluido dependiendo el espesor de la pared y así poder elegir el tipo de pared más adecuado para el diseño del equipo. Para ilustrar esta clase de orificio, ver figura 6.

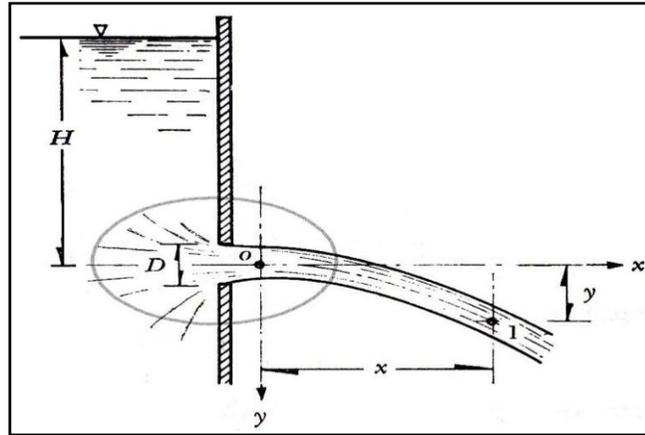


Figura 6. Orificio de pared gruesa.

Fuente: Soletto (1997)

- De tubo

La salida del orificio está conectada a un tubo corto, es decir, el líquido no sale a la superficie libre inmediatamente, sino a un tubo de pequeña longitud, aproximadamente 2 o 3 veces el diámetro del orificio. En la figura 7, se puede observar un orificio de tubo, destacando un tubo corto en la salida del orificio.

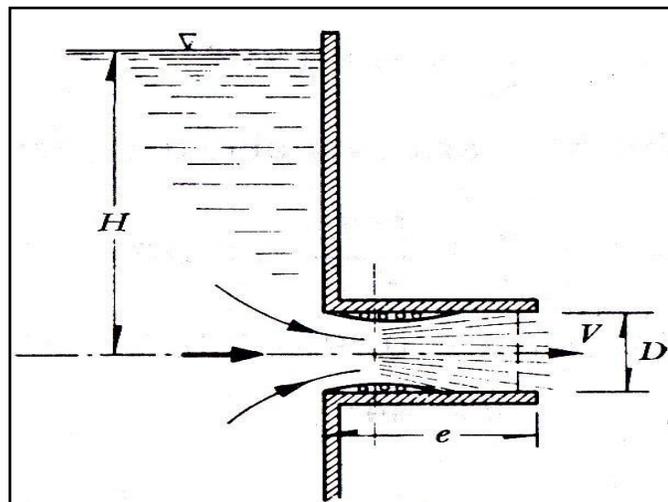


Figura 7. Orificio de tubo.

Fuente: Soletto (1997).

2.2.5.5 Orificio según sus dimensiones relativas.

Según Castro (2014), los orificios se clasifican según sus dimensiones. Se pueden encontrar orificios con diferentes características, entre los que se destacan, orificios pequeños (Si $d < 1/3H$) y orificios grandes (Si $d > 1/3 H$), donde " H " es la profundidad del agua hasta el centro del orificio y " d " el diámetro del orificio, lo cual es esencial para la investigación, de manera que permite diferenciar los orificios pequeños, grandes y la ubicación que tendrá en el tanque.

2.2.6 Ecuaciones que intervienen en cálculos

Para el mismo autor, establece las ecuaciones que permitirán conocer la velocidad teórica con la que sale el agua de un orificio, de manera que, utilizando las ecuaciones presentadas, facilitarán la calibración del equipo en estudio. A partir del teorema de Torricelli, se puede calcular el caudal de salida de un líquido por un orificio, donde la velocidad de vaciado de un tanque, depende de la altura en que está el cilindro y la ubicación del orificio de descarga.

2.2.6.1 Coeficiente de contracción (Cc).

Es el coeficiente de contracción de la vena fluida a la salida del orificio. Su significado radica en el cambio brusco de sentido que deben realizar las partículas de la pared interior próximas al orificio. Es la relación entre el área contraída y la del orificio. Para el cálculo del coeficiente de contracción (Cc) se tiene la siguiente ecuación:

$$Cc = \frac{A \text{ contracta}}{A \text{ real}}$$

Ec.1

Donde:

C_c = coeficiente de contracción, (medida adimensional).

$A_{contracta}$ = área medida directamente del chorro, (m^2).

A_{real} = área real de cada orificio, (m^2).

2.2.6.2 Coeficiente de velocidad (C_v).

Existen dos métodos para el cálculo del coeficiente de velocidad, para aplicar el primer método es necesario trazar la trayectoria descrita por la vena líquida o chorro y luego anotar cada una de sus coordenadas, las cuales, las más primordiales serán $(X,0)$ y $(0,Y)$. La ecuación general para el cálculo del coeficiente de velocidad (C_v) es expresada de la siguiente manera:

$$C_v = \frac{V_{real}}{V_{teórico}} \quad \text{Ec.2}$$

Donde, de acuerdo al primer método, desprende la siguiente ecuación:

$$C_v = \frac{X_o}{Y_o \cdot \Delta h} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

C_v = coeficiente de velocidad. (medida adimensional).

X_o = valor de la coordenada X en respecto a Y_o , (m).

Y_o = valor de la coordenada Y en respecto a X_o , (m).

Δh = diferencia de altura entre el centro del orificio y la altura de líquido, (m).

De acuerdo al segundo método, se aplicarán las siguientes ecuaciones para el cálculo de la velocidad real y la velocidad teórica; estos valores se sustituyen en la ecuación 2 para obtener el coeficiente de velocidad (C_v):

$$V_{\text{teórico}} = \sqrt{2gh}$$

Ec.4

$$V_{\text{real}} = \frac{Q}{A_o}$$

Ec.5

Donde:

h = altura medida entre el centro del orificio al borde del fluido.

g = aceleración de la gravedad, (constante 9,81 m/s²)

Q = caudal medido directamente de la vena o chorro, (m³/s).

A_o = área del orificio, (m²).

2.2.6.3 Coeficiente de caudal (C_q); o coeficiente de descarga (C_d).

Es un factor adimensional característico de la válvula, que permite calcular el caudal (Q) con el que desembalsa una válvula en función del nivel del fluido en el embalse o reserva. Para calcular el coeficiente de caudal (C_q) o coeficiente de descarga (C_d), se emplea la siguiente ecuación:

$$C_q = C_c \cdot C_v$$

Ec.6

2.2.6.4 Tiempo de desagüe (t_d).

En todas las aplicaciones de descarga de líquidos por orificios es muy necesaria la determinación del tiempo de vaciado de los mismos; El cálculo del tiempo de desagüe o vaciado es el tiempo que demora cada orificio en desaguar un volumen determinado de líquido, se puede calcular en forma manual, contabilizando el tiempo que para esto requiere, o bien utilizar la siguiente ecuación:

$$td = \frac{2 \cdot Ar}{Cq \cdot Ao \cdot 2 \cdot g} \cdot (\overline{h1} - \overline{h2})$$

Ec.7

Donde:

Ar = área del recipiente.

Ao = área del orificio.

h1 = altura inicio descarga.

h2 = altura término descarga.

2.2.6.5 Caudal teórico (Qt).

Es la cantidad de fluido que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Se estima como el caudal observado y medido con unos parámetros determinados. La ecuación para el cálculo del caudal teórico es el producto de la velocidad teórica por el área del orificio como se puede observar en la ecuación número ocho.

$$Qt = V \text{ teórica} \cdot Ao$$

Ec.8

2.2.6.6 Caudal real (Qr).

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Y se determina a través de la siguiente ecuación:

$$Qr = \frac{V}{td}$$

Ec.9

Donde:

V = volumen. (m³)

2.2.6.7 Tiempo real (Tr).

El tiempo real se obtiene al realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos en los ensayos. Se determina a través de la siguiente ecuación:

$$tr = \frac{td}{n}$$

Ec.10

Donde:

td = es la sumatoria de los tiempos de desagüe o vaciado.

n = es el tamaño de la muestra o el número de datos obtenidos.

2.2.6.8 Descarga real

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

$$dr = Ao.Cd.V \text{ teórica}$$

Ec.11

2.2.6.9 Rendimiento del equipo (R)

Permite establecer la cantidad de producto recuperado.

$$R = \frac{Vs}{Ve} \cdot 100\%$$

Ec.12

2.2.6.10 Aplicación del caudal teórico y real

Se aplica en mediciones de caudales en tuberías, la unión de los dos caudales sirve para el cálculo del rendimiento de una bomba, para la

medición de velocidades en varios puntos, vertederos, entre otras aplicaciones; también es fundamental en el dimensionamiento de presas, embalses y obras de control de avenidas.

2.2.6.11 Número de Reynolds.

De acuerdo a Osborne Reynolds, es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos para caracterizar el movimiento de un fluido. Está relacionado con la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión a dimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos.

$$Nr = \frac{v \cdot \phi \cdot \delta}{\mu}$$

Ec.13

Donde:

V = velocidad, (m/s)

δ = densidad del agua, (kg/m³).

μ = viscosidad del agua, (kg/m)

ϕ = área de la tubería, (m²)

2.2.6.12 Rugosidad relativa

Es la rugosidad de las paredes de las tuberías es función del material con que están contruidos, el acabado de la construcción y el tiempo de uso. La variación de este parámetro es fundamental para el cálculo y el buen desempeño de las obras hidráulicas. La rugosidad relativa Rr, se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$Rr = \frac{E}{A\phi}$$

Ec.14

Donde:

E = rugosidad absoluta.

\emptyset = área de la tubería (m^2).

2.2.7 Elementos geométricos de los canales

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad del flujo, Giles (1973). Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección. La forma más conocida de la sección transversal de un canal es la trapecial, sin embargo, para el estudio, es conveniente ilustrar la sección rectangular, como se muestra en la siguiente figura.

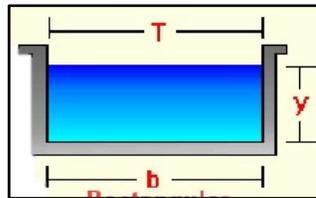


Figura 8. Elementos geométricos de un canal de sección rectangular

Fuente: Giles (1973)

Los diferentes elementos que definen la geometría de un canal de sección cuadrada o rectangular, se encuentran expuestos a continuación.

- Perímetro mojado:

$$P_m = b \times 2y \text{ (cm)}$$

Ec. 15

- Área hidráulica:

$$A = b \times y \text{ (cm}^2\text{)}$$

Ec. 16

- Radio hidráulico:

$$R_h = \frac{b \times y}{b + 2y} \text{ (cm)}$$

Ec. 17

- Tirante de agua:

$$T = b \text{ (cm)}$$

Ec. 18

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

La investigación es un proyecto factible debido al desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades. Por otra parte, en el ámbito educativo, se presenta como una alternativa para el desarrollo de investigaciones innovadoras, en este caso, el diseño de un equipo de descarga por orificio, para el laboratorio de hidráulica, del Departamento de Ingeniería Civil, de la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, Estado Anzoátegui.

Arias (2006), define que un proyecto factible es una investigación que propone la solución práctica de un problema en el cual se utilizan diferentes técnicas que sirvan para satisfacer dicha necesidad demostrando si es factible y posible su realización, ésta se fundamenta en trabajos de campo, documentales o en la combinación de ambos.

3.2 Nivel de investigación

El tipo de investigación, de acuerdo al nivel, es explicativa, que según Arias (ídem), se expresa como aquella que persigue buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. En relación a lo anterior,

el presente proyecto asumió el nivel de investigación explicativa, ya que a lo largo de la investigación se realizaron pruebas para fijar parámetros de procedimientos, variables y calibración, que están relacionadas con la ejecución del equipo hidráulico de descarga por orificio, el cual es el objeto de estudio.

3.3 Técnicas a utilizar

Para llevar a cabo la investigación y obtener información eficaz y certera se emplearon las técnicas de investigación más adecuadas.

3.3.1 Revisión documental

Se obtuvo información de importancia sobre las características y puntos relevantes en el proyecto de estudio. Se consultaron distintas referencias bibliográficas, manuales, normas y proyectos anteriores para generar diferentes criterios y así tomar las consideraciones necesarias para realizar un diseño óptimo.

3.3.2 Observación directa

Se utilizó esta técnica para realizar un examen general de las características de los diferentes materiales con los cuales se va a construir el equipo definiendo a través de tablas de materiales, cuál será el más adecuado para el diseño del equipo, tomando como principales características, la durabilidad del material y el costo.

3.3.3 Herramientas computacionales

Computadores, calculadoras, programas de dibujo y cálculo (AutoCAD 2014, Microsoft Excel 2007), dispositivos de almacenamiento masivo, todos éstos se utilizaron con el fin de agilizar los procedimientos de cálculo

inherentes a la construcción del equipo. La recopilación de datos se vuelve primordial e imprescindible dentro del plan de investigación, ya que este abarca, observaciones y diagnósticos.

3.3.4 Diagrama de Gantt

Se implementa para la elaboración del cronograma de actividades y en base a éste, se ejecutaron las labores de construcción del equipo y la realización del trabajo de investigación; de acuerdo con esto, se controlará la ejecución de las labores para así poder finalizar el proyecto en un tiempo estimado de 8 meses.

3.3.5 Procesamiento de datos

Mediante la utilización de esta técnica, se logra el procesamiento de los datos obtenidos en los ensayos de calibración del equipo hidráulico a fin de analizarlos y realizar los ajustes correspondientes. Estos datos son presentados en forma tabulada y gráfica en función a los parámetros o variables inherentes en el ensayo.

3.4 Maquinarias, equipos e instrumentos de medición

Con el objeto de ejecutar los trabajos constructivos, se utilizaron cintas métricas, cortadora, máquina de soldar, pintura, pegamento y silicón, así garantizando el correcto diseño del equipo.

3.5 Etapas del proyecto

3.5.1 Etapa I: Revisión bibliográfica

Involucra la recopilación de la información necesaria para el desarrollo del proyecto, así como también, para fundamentar los procesos de cada uno

de los objetivos. Esto se logra mediante la revisión y análisis de libros, documentos, textos, revistas, manuales, fuentes electrónicas, tesis y cualquier otra referencia que se relacione con el tema del proyecto en cuestión; teniendo en consideración que la revisión bibliográfica se realizó durante todo el alcance de la investigación.

Duración: 30 semanas

3.5.2 Etapa II: Descripción de las características físicas y técnicas del equipo.

En esta etapa se definen las características físicas y técnicas, así como también las dimensiones del equipo que se construyó en base a la bibliografía técnica especializada de Azevedo y Acosta (1976), manual de hidráulica. Sexta edición. Harla, S. A. de C.V. México y Sotelo (1982), hidráulica general. Volumen I, Editorial LIMUSA S.A. Sexta edición, México. Además de esto, se realizó la representación esquemática del equipo considerando cada una de las partes que lo conforman. Cabe destacar, que antes de realizar lo anteriormente mencionado, y luego de haber recopilado cualquier información de interés, se ejecutó un estudio en el mercado de los posibles materiales para la construcción del equipo, tomando en cuenta distintas alternativas, desde el punto de vista presupuestario, de la calidad de los materiales, entre otros factores.

Duración: 4 semanas

3.5.3 Etapa III: Realizar cálculos métricos, cálculos estructurales y planos de ingeniería del equipo hidráulico, con los materiales escogidos.

En esta etapa se utilizó la ecuación de energía de Bernoulli aplicada para un fluido real entre dos puntos, la ecuación de coeficiente de flujo, la

fórmula del caudal, coeficiente de velocidad y coeficiente de contracción para el desarrollo del modelo del equipo. Posteriormente se elaboraron los cálculos métricos para obtener las cantidades de materiales necesarios para la construcción del equipo, considerando cada una de las opciones, de acuerdo a lo establecido en la etapa anterior. A su vez, considerando la solución obtenida se procederá a diseñar sobre un plano, y con la ayuda del programa AutoCAD 2014, los detalles preliminares para ser revisados y establecer los definitivos.

Duración: 4 semanas

3.5.4 Etapa IV Confeccionar el equipo hidráulico y ensayo para calibración.

Se procedió con el diseño del equipo hidráulico basado en los diferentes materiales existentes en la zona, teniendo en cuenta distintas alternativas de éstos, además de la bibliografía técnica especializada. Con la información obtenida en las etapas anteriores de los materiales en el mercado, se procedió a realizar el diseño del equipo teniendo en cuenta todas las opciones. Luego de esto, se escogió la mejor opción desde el punto de vista de su facilidad de construcción en cuanto a los materiales, el factor económico, y la calidad de los materiales. Por otra parte, se determinó qué tipo de bomba hidráulica es adecuada para el correcto funcionamiento del equipo.

Una vez finalizada la construcción del equipo hidráulico, se procedió a realizar la calibración del mismo y el ajuste necesario para su correcto funcionamiento. Los procedimientos de calibración y ajuste se ejecutaron mediante ensayos, de los cuales se obtuvieron resultados en función al estudio hidráulico realizado. En base a fuentes documentales y bibliografía especializada del ensayo en cuestión, se realizó el análisis y procesamiento

de los resultados obtenidos en el ensayo, para posteriormente ajustar el equipo hasta obtener los resultados esperados.

Duración: 5 semanas

3.5.5 Etapa VI: Crear la guía de operación del equipo hidráulico para la práctica de descarga por orificio.

En este punto de la investigación, se elaboró una guía en la cual se explica, de forma clara y metódica, los pasos necesarios para la ejecución del estudio hidráulico que podrá realizar con el equipo a construir. Cabe destacar que esta guía o manual ha sido elaborada en base a documentos previos relacionados con la ejecución de los estudios hidráulicos inherentes al proyecto presentado.

Duración: 3 semanas

3.5.6 Etapa VII: Redacción y presentación del trabajo de grado.

En esta etapa se ejecutó la redacción total del trabajo de grado, verificando el cumplimiento de los objetivos propuestos, y dando a conocer los diferentes resultados obtenidos en la investigación. Se establecieron las conclusiones pertinentes y las recomendaciones al respecto. La redacción se efectuó bajo la supervisión y guía del tutor académico. Finalmente, se sometió a la comisión representativa de grado del Departamento de Ingeniería Civil.

Duración: 10 semanas

3.6 Recursos necesarios

3.6.1 Equipos

- Computadora de mesa marca HP, modelo L1710
- Laptop marca Síragon, modelo NB-3100

- Calculadora marca HP, modelo 49G+
- Impresora marca HP, serie F380
- Cámara digital

3.6.2 Materiales

- Documentos bibliográficos
- Artículos de oficina (bolígrafos, lápiz, carpetas, engrapadoras, clips, entre otros).

3.6.3 Herramientas

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Microsoft PowerPoint
- Microsoft Internet Explorer
- AutoCAD 2014
- HiCal 2.0.2

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Propósito del diseño

El equipo hidráulico tiene como finalidad analizar el coeficiente de descarga, de manera experimental, lo cual significa que el equipo estará sujeto constantemente al uso de estudiantes e investigadores, por lo que se ha optado por un diseño fácil de manipular, garantizando la sencilla utilización de los distintos instrumentos de medición, asegurando la correcta interpretación de los datos arrojados por el equipo de descarga por orificio.

4.2 Alternativa de diseño

Se procedió al estudio de las distintas alternativas de diseño basado en el equipo existente en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, ubicada en la ciudad de Barcelona, además de consultar con diferentes alternativas de diseño proporcionadas por autores de proyectos similares en otras universidades, como el caso del equipo construido por Carlota Olalla para la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Ecuador, así como alternativas del diseño de empresas que se encargan de la fabricación de equipos similares.

En el caso del equipo existente en la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, para el estudio de descarga por orificio, el sistema está formado por tuberías de PVC de \varnothing 1", un equipo de bombeo y accesorios de hierro galvanizado de \varnothing 1" para la succión. Un depósito de acero cuya función consiste en acumular el agua necesaria para mantener el fluido circulando por

por la tubería mientras el equipo se encuentre en funcionamiento; este tanque se alimenta externamente. Un canal que permite que el agua recircule hasta el depósito principal durante el proceso. También consta de una llave de paso que regula el flujo y la presión existente en una tubería.

Luego del estudio del equipo ya existente en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, se tomaron ciertas características para la elaboración de este nuevo equipo que será de gran ayuda para la Universidad de Oriente Extensión-Cantaura, pero siempre manteniendo un diseño nuevo e innovador de acuerdo a los criterios de diseño estudiados.

4.3 Geometría del tanque de descarga y tanque de alimentación

Un tanque o depósito son estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, rectangular o cuadrada, diseñado para soportar una presión interna. En este caso, el tanque se catalogó como depósito artificial y se aplicó una geometría rectangular para el tanque de descarga, y cuadrada para el tanque de alimentación, teniendo en cuenta sus características, ventajas, desventajas y criterios de selección para ser utilizados en la construcción del equipo, pues de ella se derivan una serie de fórmulas que brindan información teórica muy importante para el desarrollo de diseño.

4.4 Selección de las partes

El sistema cuenta con las siguientes partes:

- Un tanque de alimentación hecho con láminas de hierro: los tanques de hierro para almacenar agua, en su mayoría, son usados por las plantas de tratamiento de agua, estos tanques tienen la ventaja de resistir altos contenidos de materiales tóxicos y contaminantes que tienen las

aguas residuales. Un factor importante que debe tomarse en cuenta a la hora de utilizar los tanques de hierro, es que deben poseer un recubrimiento en pintura especial para evitar o disminuir la oxidación. Estas características son adecuadas para los requerimientos necesarios para el tanque de alimentación.

- Un tanque de descarga hecho con láminas de vidrio y acrílico: estos tanques son en su mayoría realizados con materiales como fibras de tela, gel, resinas poliéster entre otros, dando como resultado una fibra de vidrio muy útil y resistente a golpes, también resisten altas y bajas temperaturas, lo que hace posible su ubicación a la intemperie. Otras ventajas que tienen los tanques de fibra de vidrio es que son resistentes a la corrosión, oxidación y debido a que no dejan pasar luz, evita la producción de bacterias. Además, este tipo de material permite observar el nivel del agua con facilidad por lo cual se adapta a los requisitos del tanque de descarga.
- Canal hecho con láminas de acrílico: el acrílico o polimetilmetacrilato (PMMA), ofrece una resistencia a la intemperie que no iguala ningún otro material plástico ni la mayoría de los materiales de fabricación humana. Resiste la exposición a radiación solar intensa, el frío extremo, cambios súbitos de temperatura, brisa salada, y otras condiciones meteorológicas. Es un material cuyas cualidades estéticas y funcionales permanecen intactas durante muchos años de servicio, además de poseer una rugosidad muy baja.
- Una motobomba: las motobombas, o bombas de agua, son equipos muy útiles para usarlos con aplicaciones líquidas que se han desarrollado hasta obtener una tecnología de punta. Una motobomba es un equipo diseñado para mover una gran cantidad de agua y hacerlo de manera rápida y eficiente. Esto permite transportar el agua de un lado a otro.

- Tuberías de PVC de \varnothing 1/2" y accesorios de PVC \varnothing 1/2": este tipo de tuberías son ligeras en peso (casi la mitad del peso del aluminio y una sexta parte del peso del acero. Las paredes interiores de estos tubos son lisas; para cortarlas no se requieren herramientas especiales, son materiales inertes y se caracterizan por su alta resistencia a la corrosión, a los ataques químicos debido a soluciones salinas, ácidos, alcoholes, y muchos otros químicos. Estas tuberías no transmiten ningún sabor u olor ni reaccionan con los fluidos que conduce.
- Perfil de aluminio de 1/2", este elemento es uno de los materiales más utilizados dentro de la industria debido a sus propiedades mecánicas, entre estas, se encuentran su durabilidad, su bajo costo, su larga vida útil, la facilidad para ser reciclado, su peso ligero y su alta resistencia. Es por esto que se adapta a los requerimientos de este proyecto.

4.5 Descripción del equipo hidráulico

La forma geométrica de los tanques es rectangular para el tanque de descarga y cuadrada para el tanque de alimentación, construido de material de vidrio, acrílico y hierro, montado en una estructura metálica que soporta su peso, impidiendo la inclinación. La estructura se encuentra totalmente en plano horizontal. El equipo consta de dos tanques y un canal:

El primero es el tanque de alimentación, el cual es capaz de contener la cantidad de agua necesaria para realizar la prueba de laboratorio, como también el flujo de seguridad, el cual permite mantener la bomba funcionando, es decir, no permite que ésta se quede sin agua, evitando problemas de cavitación y cebado de la bomba. Además, posee un drenaje para evacuar el agua en la finalización de cada una de las prácticas de laboratorio.

El segundo tanque es el tanque de descarga, el cual permite la entrada del agua en forma tranquila, para posteriormente realizar las pruebas a través de los distintos orificios, y luego de las pruebas, el agua se expulsa a través de la tubería de descarga ubicada en la parte baja del tanque, el agua es descargada a través de una tubería para retornar al tanque de alimentación.

Consta también de un canal, el cual permite tomar las medidas del chorro de agua y retornar el agua en una forma repetitiva para la realización de las pruebas de laboratorio.

El equipo hidráulico es un circuito cerrado, dicho circuito da inicio con una bomba que toma el fluido del tanque de alimentación, que, a su vez, es enviado por una tubería al tanque de descarga, luego se expulsa y recorre el canal, y finalmente se descarga al tanque de alimentación, manteniendo de esta manera el ciclo de prueba. Ver figura 9 para obtener una mejor visión gráfica del equipo y sus partes. Al final de este proyecto, ha sido adjunta una sección de anexos, con mas imágenes del equipo hidráulico..

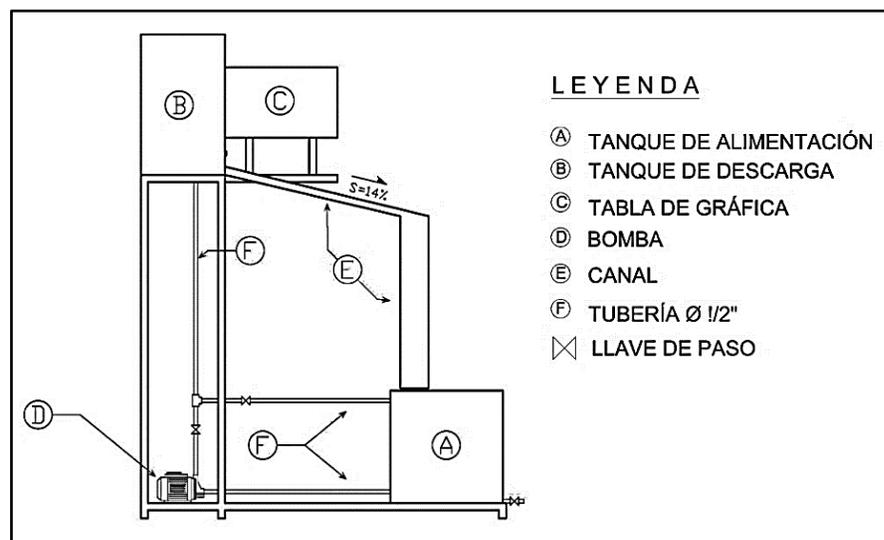


Figura 9. Equipo de descarga por orificio sin medidas

Fuente: autores

4.6 Cálculos hidráulicos

El cálculo hidráulico consiste primordialmente en determinar los caudales necesarios para el funcionamiento del equipo. Como es sabido, la función de estos equipos es representar situaciones hidráulicas a escalas menores, es decir, representar las mismas condiciones que se presentan naturalmente en equipos de dimensiones menores. Es por esto que, para la selección y diseño del equipo hidráulico, se seleccionó cada parte del mismo para que cumpla con los estándares necesarios.

4.6.1 Volúmenes de tanques

Para establecer el volumen necesario para la realización de este tipo de prácticas no existen unos parámetros establecidos, ya que, simplemente son escalas con las cuales puede jugar el diseñador, dependiendo del espacio que cuente para la instalación del equipo, es decir, el volumen inicial de agua debe ser proporcional a las dimensiones generales del equipo, y fundamentalmente, a la dimensión del orificio.

En este caso, se cuenta con un tanque de descarga rectangular con un volumen máximo de 37,5 litros, sin embargo, se recomienda que este tipo de tanques trabajen a un 90% de su capacidad, que representaría 33,75 litros. El tanque de alimentación de todo el sistema tiene una capacidad máxima de 64 litros, se puede apreciar una diferencia de volúmenes de un 41.4%, esto es necesario porque mientras el equipo esté en funcionamiento se mantendrá un ciclo cerrado.

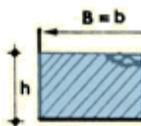
4.6.2 Dimensiones del canal

Para la sección del canal existen diferentes diseños como es el caso del diseño cuadrado, rectangular, triangular, trapezoidal y parabólico. Entre los diferentes diseños, el diseñador debe seleccionar el que se adapte mejor a las necesidades del proyecto. Para este caso de estudio, se decidió realizar un canal de sección cuadrada con lados de 10 cm. La pendiente de un canal es de vital importancia para el diseño, ésta debe tener el mejor aprovechamiento del recorrido, en este caso se diseñó con una pendiente de 14° , la cual sería óptima para el recorrido del agua.

4.6.3 Cálculos geométricos del canal

Para el equipo han sido calculados, en base a las ecuaciones presentadas en el capítulo II, numeral 2.2.7, los elementos geométricos del canal de sección cuadrada, arrojando los resultados mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Cálculos del canal

Sección transversal	Área hidráulica (cm ²)	Perímetro mojado P (cm).	Radio hidráulico (cm)	Anchura de la parte superior (cm).
	$A = by$ $A = 10 \times 10$ $A = 100$	$P = b + 2y$ $P = 10 + (2 \times 10)$ $P = 30$	$R = by / (b + 2y)$ $R = \frac{10 \times 10}{10 + 2 \times 10}$ $R = 3.33$	$T = b$ $T = 10$

Fuente: autores

4.6.4 Selección de las tuberías

Se utilizaron tuberías plásticas PVC (Policloruro de vinilo rígido) de 1/2" de diámetro para las conexiones. Dentro de la gama de tuberías plásticas se encuentran las tuberías PAVCO, algunas características se mencionan a continuación:

- Tiene una elevada resistencia a la abrasión, junto con una baja densidad, buena resistencia mecánica y al impacto, lo que la hace común e ideal para la edificación y construcción.
- Al utilizar aditivos tales como estabilizantes, plastificantes, entre otros, el PVC puede transformarse en un material rígido o flexible, característica que le permite ser usado en gran número de aplicaciones.
- Es un material altamente resistente, los productos de PVC pueden durar hasta más de sesenta años, como se comprueba en las aplicaciones tales como tuberías para la conducción de aguas potables y sanitarios.
- Posee alta resistencia a la electrolisis.
- Bajo costo de instalación y manejo, ya que ahorra en gastos de equipo especial para unir y transportar las tuberías en relación con las metálicas.
- Posee facilidad de instalación.
- Baja conductividad térmica.
- Resistente a la corrosión, esta tubería es inmune al daño causado con la corrosividad natural del suelo, esto es realmente ventajoso en comparación a la tubería metálica.

Para el cálculo del volumen de agua en las tuberías es necesario calcular el producto del área de la tubería por la longitud total. En la tabla 3, se puede observar los volúmenes de las tuberías que forman parte del sistema del equipo, considerando que la tubería es de ½" su área es de 0.196 cm².

Tabla 3. Volumen de la tubería

Tramo	Longitud (m)	Volumen (m ³)
B-C	1,04	0,204
A-D	1,47	0,288
A-F	0,69	0,135

Fuente: autores

4.7 Diseño del sistema

Para la realización del diseño del sistema se dimensionó el equipo. Se tomaron medidas tentativas tanto del tanque de descarga, el tanque de alimentación y el canal, el soporte del equipo se diseñó en base a las medidas anteriores. Utilizando el programa AutoCAD 2014 se diseñó toda la estructura.

4.7.1 Tanque de descarga

El depósito hecho con vidrio con un espesor de 6mm, acrílico con las siguientes dimensiones: largo: 30 cm; ancho: 25 cm, y alto: 50cm, y refuerzos de aluminio, teniendo una capacidad máxima de almacenamiento de 37.500 cm³ o 37,5 litros. En este tanque se realizará la práctica correspondiente a descarga por orificio.

4.7.2 Tanque de alimentación

Está hecho de hierro galvanizado de 1 mm de espesor, con las siguientes dimensiones: largo 40 cm, ancho 40 cm y alto 40 cm, teniendo una capacidad máxima de almacenamiento de 64.000 cm³ o 64 litros, así cumpliendo con las necesidades de abastecimiento del sistema, obteniendo un 41,4% de mayor almacenamiento que el tanque de descarga para garantizar el flujo continuo de agua durante la práctica.

4.7.3 Canal

Elaborado de acrílico de 6 mm de espesor, con dimensiones: largo 60 cm, alto 10 cm, ancho 10 cm y un refuerzo de perfil de aluminio 1/2" en los bordes inferiores de todo el canal, permitiendo la fácil recepción de líquido y su transporte hasta un bajante de acrílico de 6 mm de espesor, 5 cm de ancho, 10 alto y 40 cm de largo de igual manera reforzado con perfil de

aluminio, dejando fluir el agua de manera suave al tanque de alimentación cumpliendo el ciclo de manera permanente.

4.7.4 Orificios de descarga

Los orificios se realizaron de láminas de acrílico de 6mm de espesor, 8 cm ancho y 4 cm de alto, en diferentes diámetros, los cuales son 1/2", 3/8", 5/16", 1/4", 9/64", 1/8" y 5/64", para estudiar el comportamiento en cada uno de los diámetros antes mencionados, determinando el caudal, velocidad, tiempo de descarga, la pendiente y coeficientes de descargas para finalmente establecer las diferencias entre cada uno.

4.7.5 Dispositivo palpador de agua

Este dispositivo está diseñado con una lámina de fibra de densidad media (MDF), de 8 mm de espesor, 53 cm de alto y 50 cm ancho, 2 cintas métricas, 1 ubicada de manera vertical para medir la altura del orificio y la otra horizontal para medir la longitud del chorro de agua generado; también cuenta con 10 varillas de madera de alturas variables entre 22 cm y 30 cm, las cuales sirven como medidores de la pendiente que genera cada diámetro de orificio aplicado en la práctica.

4.7.6 Estructura de soporte

Confeccionado con tubulares de 1/2" teniendo dimensiones variadas las cuales serían 1,30 m de largo y en la parte más alta 1,70 m, contando con refuerzo a lo largo de la estructura, soldados entre si garantizando la resistencia necesaria para soportar el peso de cada uno de los tanques y demás complementos del equipo en estudio.

4.8 Cálculos estructurales de los soportes de los equipos

Se realizó el chequeo de la estructura del equipo hidráulico para las cargas correspondientes y los materiales previamente indicados. Esta verificación se ejecutó mediante la implementación del programa computacional Cespla 7. Para ello, se modeló la estructura mostrada en el anexo, de acuerdo al procedimiento explicado a continuación. Se inició el programa computacional. Se desplego el menú *archivo* y se seleccionó la casilla *nuevo* con la finalidad de obtener un modelo en blanco ver figura 10.

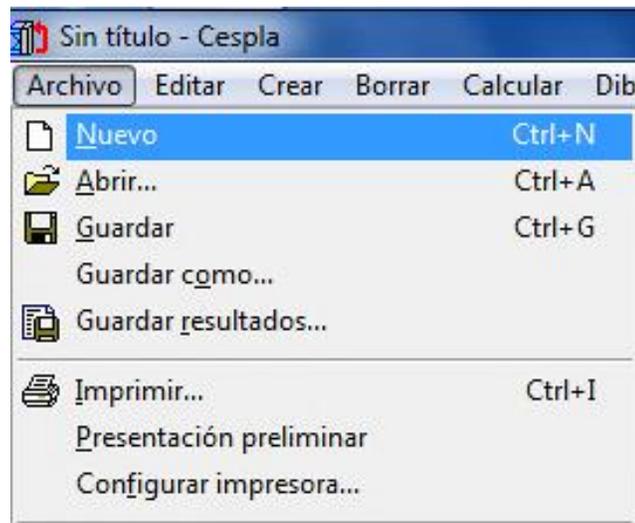


Figura 10. Inicio del programa Cespla y selección de nuevo modelo.

Fuente: autores

Se verificaron las unidades en las cuales se realizó el procedimiento de análisis. Se seleccionaron unidades Kilogramos, Centímetros, Grados Centígrados (kg, cm, °C). Se procedió a realizar la definición del material de la estructura metálica. Se consideró un acero A36 con valores de F_y igual a 2.530 Kg/cm² y F_u igual a 4.080 Kg/cm². Se estableció un módulo de elasticidad del acero (E_s) igual a 2.100.000 Kg/cm². Ver propiedades en la figura 11.

Seleccionando el menú desplegable *crear*, se realizó la ubicación de los nodos de acuerdo al plano estructural del equipo, para posteriormente, utilizando el mismo menú desplegable, realizar el trazado de los tramos de la estructura ingresando en el programa, las coordenadas de los ejes, como se puede observar en la figura 12.

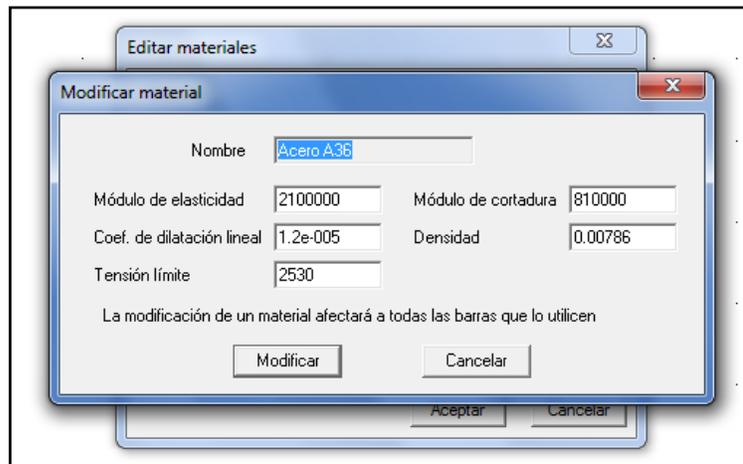


Figura 8. Propiedades de los materiales.

Fuente: autores

Mas tarde, utilizando el menú de selección rápida, se ubicaron los apoyos de la estructura. Ver la figura 13, para observar el modelado del soporte estructural en el programa Cespla 7.

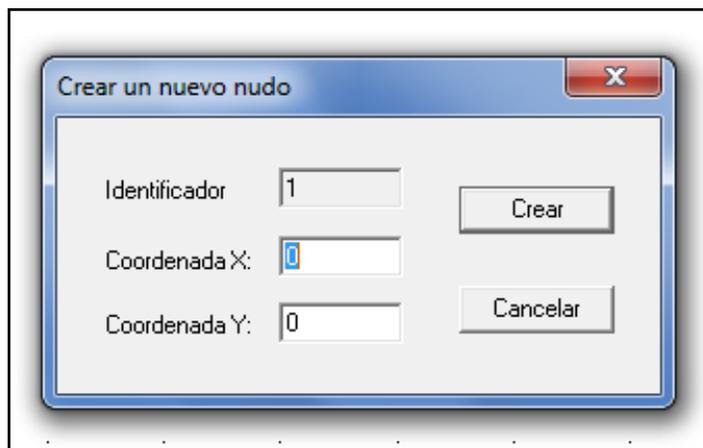


Figura 9. Ventana para crear nudo

Fuente: autores

Se realizó la asignación de cargas de acuerdo a las especificaciones del plano mostrado en el Anexo B. Para el análisis en el programa estructural Cespla 7, se consideraron las acciones debidas al peso del fluido (agua) que contiene cada tanque, tomando en cuenta la capacidad total de los mismos.

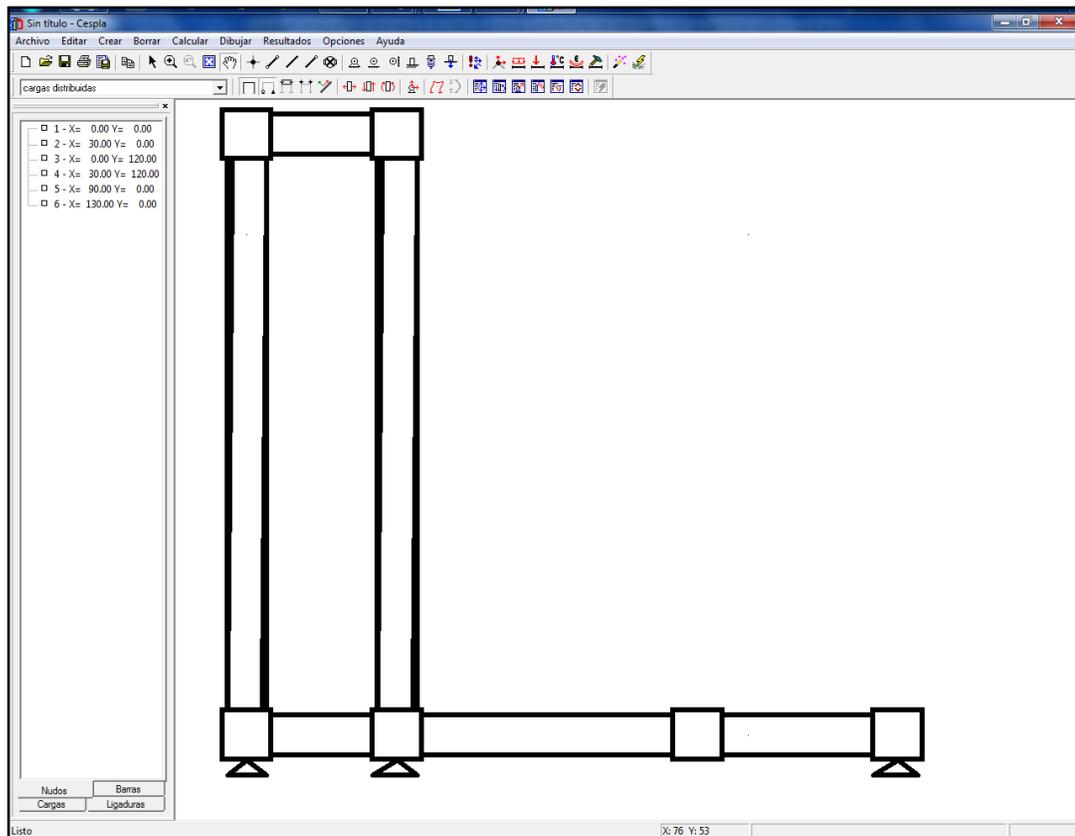


Figura 10. Modelado del soporte estructural en el programa Cespla

Fuente: autores

La asignación de cargas se realizó empleando elementos tipo *Shell*, definidos sin propiedad alguna, a los cuales se les asignó una carga por unidad de área correspondiente a cada tanque, como se puede apreciar en la tabla 4.

Tabla 4. Cargas de la estructura

Nombre	Tipo de carga	Carga Kg/cm²
Carga del tanque de alimentación	Distribuida.	64
Carga del tanque de descarga	Distribuida.	37.5
Carga de la motobomba.	Distribuida.	0.627

Fuente: autores

Finalmente, se ejecutó la corrida del programa, seleccionando el menú desplegable calcular deformaciones y esfuerzos. Según los datos obtenidos, se verificó que, de acuerdo a los requerimientos señalados por el AISC 360-10, la estructura metálica del equipo hidráulico, con los materiales considerados, resiste las condiciones de cargas establecidas. Según el chequeo computacional, el modelo no presenta fallas en los miembros que conforman la estructura para las acciones definidas anteriormente. Los resultados se pueden observar en la tabla 5, a continuación.

Tabla 5. Deformación de los nodos

Nodo	Eje X	Eje Y
1	$2,82264 \times 10^{-15}$	$-2,26588 \times 10^{-13}$
2	$-1,88313 \times 10^{-15}$	$-1,14893 \times 10^{-12}$
3	$1,83714 \times 10^{-2}$	$4,02514 \times 10^{-3}$
4	$1,83997 \times 10^{-2}$	$-4,38922 \times 10^{-3}$
5	$-7,53251 \times 10^{-16}$	$-1,04533 \times 10^{-1}$
6	$4,53154 \times 10^{-3}$	$-5,86565 \times 10^{-12}$

Fuente: autores

4.9 Análisis de precios unitario A.P.U

Para la construcción de cualquier proyecto, es necesario analizar el resultado de la obra en moneda de acuerdo a las actividades necesarias

para la ejecución de la obra o mejor dicho el costo de la obra., para cada obra es indispensable tener un presupuesto, el cual se obtiene al sumar los presupuestos unitarios para el cumplimiento de cada actividad estos presupuestos están formados por partidas.

Las partidas están analizadas básicamente en tres renglones materiales, equipos y mano de obra, además de expresar cantidades y un rendimiento que se entiende que no es más que la cantidad de obra realizada en un día. Para la realización del análisis de precio unitario se utilizó el programa LuloWin, ya que este nos permite un control preciso de los proyectos u obras con las facilidades que le brinda el ambiente operativo Windows.

Este sistema está orientado principalmente a las compañías e instituciones dedicadas a las actividades de construcción y campos afines, ya que soporta los procesos técnicos y administrativos relacionados con la administración de contratos. Elabora automáticamente presupuestos, valuaciones, reconsideraciones de precios, mediciones y memorias descriptivas. Los insumos (materiales, equipos y mano de obra), estructuran las partidas que conforman los presupuestos. Particularmente, los costos de los insumos son actualizables, o pueden modificarse bien sea en la base de datos maestra o en un presupuesto en particular, sin afectar otros presupuestos en la misma base de datos.

El sistema tiene la capacidad de hacer recálculos automáticos de los precios unitarios de las partidas de un presupuesto, considerando variaciones en cualquiera de los parámetros de: prestaciones sociales, administración, utilidad, financiamiento variaciones en los precios de materiales, equipos o salarios de mano de obra.

Para la construcción del equipo hidráulico, se establecieron siete partidas o siete actividades como se muestra en el presupuesto general en los anexos del proyecto. El análisis generado por el programa LuloWin se encuentra anexado en el apéndice D.

4.10 Confeccionamiento del equipo hidráulico.

Teniendo el diseño del equipo hidráulico, los planos estructurales y los cálculos métricos, se comenzaron a realizar las labores de ensamble y armado del equipo. Con la ayuda de un soldador, se comenzaron a ejecutar los diferentes cortes de los tubulares de $\frac{1}{2}$ " los cuales serían parte del soporte de la estructura, para posteriormente unir de acuerdo a las especificaciones de los planos de diseño. Ver figuras 14, 15 y 16 para apreciar el proceso de armado del equipo hidráulico.



Figura 14. Confeccionamiento del soporte estructural.

Fuente: autores

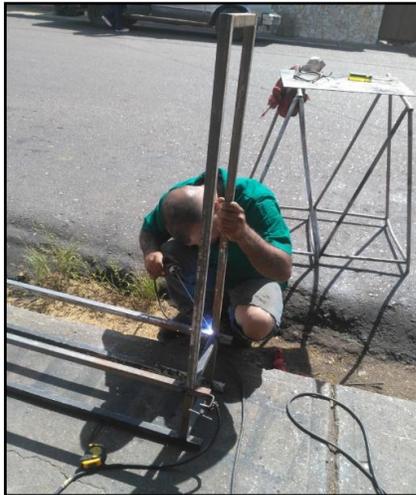


Figura 115. Soldadura del soporte estructural.

Fuente: autores



Figura 12. Soporte estructural.

Fuente: autores

Para continuar con la construcción del equipo, se realizó el tanque de alimentación con la utilización de acero galvanizado de 1 mm de espesor, con las siguientes dimensiones: largo 40 cm, ancho 40 cm y alto 40 cm, teniendo una capacidad máxima de almacenamiento de 64.000 cm^3 o 64

litros. Las láminas de acero galvanizado fueron cortadas en las dimensiones antes descritas y fueron soldadas, tal como se aprecia en la figura 17.



Figura 13. Soldado de la estructura.

Fuente: autores

La construcción del tanque de descarga fue mediante la utilización de vidrio de 6mm de espesor, acrílico con las siguientes dimensiones: largo: 30 cm; ancho: 25 cm y alto: 50 cm y refuerzos de aluminio, teniendo una capacidad máxima de almacenamiento de 37.500 cm^3 o 37,5 litros, como se puede apreciar en la figura 18.



Figura 14. Tanque de descarga.

Fuente: autores

El confeccionamiento del canal se realizó utilizando como material principal acrílico de 6 mm de espesor. Las dimensiones del canal fueron: largo 60 cm, alto 10 cm, ancho 10 cm y un refuerzo de perfil de aluminio de 1/2" en los bordes inferiores de todo el canal, permitiendo la fácil recepción de líquido, y su transporte hasta un bajante de acrílico de 6 mm de espesor, 5 cm de ancho, 10 cm de alto, y 40 cm de largo, de igual manera reforzado con perfil de aluminio. El material acrílico empleado se ilustra en la figura 19, y el canal confeccionado se puede apreciar en la figura 20.



Figura 15. Acrílico de 6 mm.

Fuente: autores



Figura 160. Canal.

Fuente: autores

4.11 Calibración del equipo

Para verificar el buen funcionamiento del equipo, responder los requisitos establecidos en las normas de calidad y garantizar la fiabilidad y la trazabilidad de las medidas, se realizaron pruebas de ensayo con variantes en las dimensiones de los agujeros y altura constante para comparar los valores obtenidos y de esta manera crear un patrón estándar. Se tomó una

muestra de 5 repeticiones en las mismas condiciones y se procedió a realizar las evaluaciones pertinentes.

- Para orificio de 1/2"

Empleando la ecuación 9, vista en la sección 2.2.6.6, se procedió a realizar la abertura del orificio, y realizar la medición del gradiente de agua arrojado, entregando los siguientes datos:

Nota: La altura del orificio es de 45 cm y permanece constante en todas las repeticiones.

X1 = 42 cm	Y = 45 cm	$Qr1 = \frac{813 \text{ ml}}{4,1 \text{ s}} = 198,292 \text{ ml/s}$
X2 = 43 cm	Y = 45 cm	$Qr2 = \frac{463 \text{ ml}}{2,2 \text{ s}} = 210,454 \text{ ml/s}$
X3 = 45 cm	Y = 45 cm	$Qr3 = \frac{441 \text{ ml}}{2,2 \text{ s}} = 200,454 \text{ ml/s}$
X4 = 45 cm	Y = 45 cm	$Qr4 = \frac{493 \text{ ml}}{2,4 \text{ s}} = 205,416 \text{ ml/s}$
X5 = 45 cm	Y = 45 cm	$Qr5 = \frac{567 \text{ ml}}{2,7 \text{ s}} = 210,000 \text{ ml/s}$

Se obtuvo el promedio de la distancia medida al realizar la sumatoria de los 5 valores leídos, para luego promediar entre el número de repeticiones realizadas. El mismo procedimiento se aplicó para los caudales reales.

$$XT = \frac{42 + 43 + 45 + 45 + 45}{5} = 44 \text{ cm}$$

$$Qrt = \frac{198,292 + 210,454 + 200,454 + 205,416 + 210,000}{5} = 204,923 \text{ ml/s}$$

El tiempo de descarga medido dio un valor de T=2'19" ; 139 segundos

Posteriormente, con el fin de obtener la velocidad teórica y la velocidad real, se empleó la ecuación 4, descrita en la sección 2.2.6.2, sustituyendo los valores resultado del ensayo, entregando los siguientes resultados

$$Vt = \sqrt{2gh}$$

$$Vt = \sqrt{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,225 \text{ m}}$$

$$Vt = 2,10 \text{ m/s}$$

Mas adelante, se calculó la velocidad real del fluido, para más tarde obtener el coeficiente de velocidad, según lo establecido en el numeral 2.2.6.2

$$Vrh = \frac{X}{\frac{2h}{g}} = \frac{0,44 \text{ m}}{\frac{2 * 0,225 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} = 2,054 \text{ m/s}$$

Coeficiente de velocidad

$$Cv = \frac{Vrh}{Vt} = \frac{2,054 \text{ m/s}}{2,10 \text{ m/s}} = 0,978$$

Del mismo modo, se calcula el área del orificio, mediante el uso de geometría analítica, en particular empleando la ecuación del círculo.

$$Ao = \frac{\pi * \phi^2}{4} = \frac{\pi * (0,0125)^2}{4} = 1,227 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Continuando con las ecuaciones de cálculo descritas en el capítulo II, numerales 2.2.6, se determina el caudal teórico del ensayo, sustituyendo los valores recién obtenidos del área del orificio y la velocidad teórica

$$Qt = Ao * Vt = 1,227 \times 10^{-4} \text{ m}^2 * 2,10 \text{ m/s} = 2,577 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal real promedio, previamente obtenido, se transforma a m^3/s , con el fin de sustituir esta magnitud en la ecuación de la velocidad real.

$$Qr = \frac{V}{T} = 204,923 \frac{\text{ml}}{\text{s}} = 0,000204923 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 2,049 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Se procede a determinar la velocidad real, haciendo uso de la ecuación 5, vista en la sección 2.2.6.2, del capítulo II

$$Vr\phi = \frac{Qr}{Ao} = \frac{2,049 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{1,227 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,670 \text{ m/s}$$

Coeficiente de contracción

$$C_c = \frac{Q_r}{Q_t} = \frac{2,049 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2,577 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}} = 0,795$$

Coeficiente de descarga

$$C_d = C_v * C_c = 0,978 * 0,795 = 0,778$$

Una vez se han determinado todos los cálculos para el orificio seleccionado, se organizaron y presentaron de manera ordenada en la tabla 6, a continuación.

Tabla 6. Calibración con orificio de 1/2"

Prueba	Altura Y (cm)	Longitud X (cm)	Caudal real Qr, (ml/s)	Longitud X promedio	Caudal real promedio Qr
1	45	42	198,292		
2	45	43	210,454		
3	45	45	200,454	44	204,923
4	45	45	205,416		
5	45	45	210,000		
Tiempo de descarga: 139 s		Velocidad teórica (vt): 2,10 m/s		Caudal teórico: 2,577x10 ⁻⁴ m/s	
Velocidad real Vrh: 2,054 m/s		Coeficiente de velocidad: 0,978		Área de orificio: 1,227x10 ⁻⁴ m ²	
Caudal real: 2,049x10 ⁻⁴ $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$		Velocidad real Ø: 1,670 m/s		Coeficiente de contracción: 0,795	
Coeficiente de descarga: 0,778			Orificio de 1/2"		

Fuente: autores

El procedimiento recién descrito, se realizó del mismo modo con los orificios de 7/16", 3/8", 5/16", 9/64", 1/8" y 5/64", obteniendo los resultados mostrados en las tablas 7, 8, 9, 10, 11 y 12, respectivamente.

Tabla 7. Calibración de orificio de 7/16"

Prueba	Altura Y (cm)	Longitud X (cm)	Caudal real Qr (ml/s)	Longitud X promedio	Caudal real promedio. Qr
1	45	38	170,8		
2	45	39	177,727		
3	45	39	167,5	39	169,359
4	45	39	166,153		
5	45	40	164,615		
Tiempo de descarga: 140 s			Velocidad teórica (vt): 2,10m/s	Caudal teórico: $2,0367 \times 10^{-4} m^3/s$	
Velocidad real	Vrh:	Coeficiente de	Velocidad real	de	Área orificio: $9,698 \times 10^{-5} m^2$
1,821 m/s		velocidad: 0,867			Coeficient
Caudal real:	$1,693 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$		Velocidad real Ø: 1,746 m/s	e	de contracción: 0,831
Coeficiente de descarga: 0,721			Orificio de 7/16"		

Fuente: autores

Tabla 8. Calibración con orificio de 3/8"

Prueba	Altura Y (cm)	Longitud X (cm)	Caudal real Qr, (ml/s)	Longitud X promedio	Caudal real Qr promedio.
1	45	37	112,758		
2	45	37	106,532		
3	45	37	111,739	36,8	109,65
4	45	37	108,888		
5	45	36	108,333		

Tiempo de descarga: 142 s

Velocidad teórica (vt): 2.10m/s

Caudal teórico: $1,496 \times 10^{-4} m/s$

Velocidad real Vrh: 1,718 m/s

Coeficiente de velocidad: 0.818

Área de orificio: $7,125 \times 10^{-5} m^2$

Caudal real: $1,096 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$

Velocidad real Ø: 1,538m/s

Coeficiente de contracción: 0,732

Coeficiente de descarga: 0,598

Orificio de 3/8"

Fuente: autores

Tabla 9. Calibración con orificio de 5/16"

Prueba	Altura Y (cm)	Longitud X (cm)	Caudal real Qr, (ml/s)	Longitud X promedio	Caudal real Qr promedio
1	45	40	57,8		
2	45	40	60,238		
3	45	41	59,772	40,2	59,509
4	45	40	60,434		
5	45	40	59,302		

Tiempo de descarga: 141 s
 Velocidad teórica (vt): 2,10m/s
 Caudal teórico: $1,039 \times 10^{-4} m/s$
 Velocidad real: 1,877 m/s
 Vrh: Coeficiente de velocidad: 0.893
 Área orificio: $4,948 \times 10^{-5} m^2$
 Caudal real: $5,950 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$
 Velocidad real: $\varnothing: 1,202 m/s$
 Coeficiente de contracción: 0,572
 Coeficiente de descarga: 0,511
 Orificio de 5/16"

Fuente: autores

Tabla 10. Calibración de orificio de 9/64"

Prueba	Altura Y (cm)	Longitud X (cm)	Caudal real Qr, (ml/s)	Longitud X promedio	Caudal real promedio Qr
1	45	39	17		
2	45	39	16.868		
3	45	39	17.391	38,7	17,005
4	45	38	17.441		
5	45	38,5	16.326		

Tiempo de descarga: 139 s

Velocidad teórica (vt): $2,10m/s$

Caudal teórico: $2,104 \times 10^{-5} m^3/s$

Velocidad real $1,807 m/s$

Vrh:

Coeficiente de velocidad: 0,860

Área orificio: $1,002 \times 10^{-5} m^2$

Caudal real: $17,005 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$

Velocidad real $\varnothing: 1,697m/s$

Coeficiente de contracción: 0,808

Coeficiente de descarga: 0,695

Orificio de 5/16"

Fuente: autores

Tabla 11. Calibración con orificio de 1/8"

Prueba	Altura Y (cm)	Lon gitud X (cm)	Cau dal real Qr, (ml/s)	Lon gitud X promedio	Caudal real Qr promedio.
1	45	36	15,094		
2	45	36,5	14,285		
3	45	37	14	36,7	14,199
4	45	37	14,285		
5	45	37	13,333		
Tiempo de descarga: 138 s			Velocidad teórica (vt): 2.10m/s		Caudal teórico: $1,662 \times 10^{-5} m/s$
Velocidad real Vrh: 1,713 m/s			Coefficiente de velocidad: 0,816		Área orificio: $7,917 \times 10^{-6} m^2$
Caudal real: $1,419 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$			Velocidad real Ø: 1,792m/s		Coefficiente de contracción: 0,854
Coefficiente de descarga: 0,697			Orificio de 1/8"		

Fuente: autores

Tabla 12. Calibración con orificio de 5/64"

Prueba	Altura	Lon	Cau	Lon	Caudal
--------	--------	-----	-----	-----	--------

	Y (cm)	gitud (cm)	X dal Qr, (ml/s)	real gitud promedio	X real promedio	Qr
1	45	40	5,364			
2	45	39	5,135			
3	45	39	5,202	39,2	5,174	
4	45	39	5,147			
5	45	39	5,020			
			Velocidad teórica (vt):	Caudal teórico:		
Tiempo de descarga: 138 s			2,10m/s	6,495x10 ⁻⁴ m/s		
Velocidad real Vrh: 1,830 m/s			Coeficiente de velocidad: 0,872	Área de orificio:		
				3,093x10 ⁻⁴ m ²		
Caudal real: 5,174x10 ⁻⁵ $\frac{m^3}{s}$			Velocidad real Ø: 0,017m/s	Coeficien de contracción: 0,08		
Coeficiente de descarga: 0,069			Orificio de 5/64"			

Fuente: autores

Posteriormente, se determinó un tiempo promedio de descarga para todos los ensayos, a fin de establecer el margen de error en cada uno de ellos.

Tiempo de descarga promedio.

$$T = \frac{139 \text{ s} + 140 \text{ s} + 142 \text{ s} + 141 \text{ s} + 139 \text{ s} + 138 \text{ s} + 138 \text{ s}}{7 \text{ ensayos}}$$

$$T = 139,6 \text{ segundos}$$

Estos resultados servirán para establecer los rangos mínimos y máximos para las prácticas que se realizarán en el equipo de descarga por orificio, es decir, se podrán establecer valores estándares para facilitar al instructor identificar errores de medición humanos, además de servir como un apoyo para el docente y los instructores a la hora de evaluar las prácticas. Utilizando los resultados de los ensayos de calibración, se determinó el margen de error de las pruebas, cuyos porcentajes se aprecian en la tabla 13, arrojando la diferencia porcentual que existe entre el caudal teórico y el caudal real, de tal modo, matemáticamente se trata de una regla de tres.

Para ejemplificar lo dicho, en el caso del orificio de 1/2", el margen de error se deriva de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} V_r &= 2,054 \text{ m/s} \\ V_t &= 2,10 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= 2,10 \text{ m/s} - 2,054 \text{ m/s} \\ \Delta V &= 0,046 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Al restar ambos valores, se obtiene el margen de diferencia expresado en una magnitud numérica, el cual, es equivalente al margen de error del ensayo. Para deducir el valor porcentual de esta magnitud, basta con realizar la comparación con la velocidad teórica.

$$\begin{aligned} 2,10 \text{ m/s} &\rightarrow 100\% & X &= 2,22\% \\ 0,046 \text{ m/s} &\rightarrow X \end{aligned}$$

Una vez hecho el proceso con el resto de los orificios, fueron organizados y el resultado se muestra en la tabla 13 a continuación.

Tabla 13. Margen de error

Orificio	Margen de error e%
1/2"	2,22%
7/16"	13,33%
5/16"	18,22%
3/8"	10,66%
9/64"	18,44%
1/8"	14%
5/64"	12,88%

Fuente: autores

4.12 Creación de la guía de operación del equipo hidráulico para la práctica de descarga por orificio.

El diseño de la guía de operación del equipo hidráulico descarga por orificio está constituida por información simple y clara necesaria para desarrollar las practicas, cuenta con un marco teórico simple y claro especificando los principales conceptos que debe manejar el practicante, además de un listado de materiales utilizados que servirá de gran ayuda para identificar las partes del equipo, así como también se especifica un paso a paso para la utilización del equipo.

En la guía de diseño se establecen una serie de asignaturas a desarrollar por el practicante, así mismo se le facilitara un formulario simple y detallado con las fórmulas necesarias para la práctica y para mayor facilidad se anexan la información con la nomenclatura de las fórmulas. Los principales objetivos que la guía de diseño tiene son los siguientes:

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Luego de los ensayos realizados, se determinó que la unidad hidráulica construida satisface las necesidades relativas al ensayo de descarga por orificios, obteniendo una eficiencia mínima del 81,56%, por lo que será pieza fundamental del repertorio de equipos presentes en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura.
- A partir de los cálculos estructurales realizados, y apoyándose en los planos de ingeniería y cómputos métricos, se pudo determinar que los materiales escogidos, así como el diseño confeccionado, cumplen con las demandas a las cuales serán sometidos cuando la unidad se encuentre al máximo de su capacidad
- Luego del confeccionamiento del equipo, y las pruebas realizadas, se obtuvieron datos relevantes de apoyo al docente y alumnado en general, entre estos, la velocidad de salida en función de la altura del orificio, con una magnitud de 2,10 m/s, mientras que la velocidad promedio en función del orificio es de 1,831 m/s. El tiempo de descarga del tanque, es en promedio de 139,6 segundos.
- Una vez realizados los ensayos pertinentes, probando los diferentes escenarios y verificada la capacidad del equipo, fue elaborado el manual de operación de la unidad, al tiempo que se complementó con la guía para realizar la prueba de descarga por orificio, de lo cual se

concluyó, que la misma es de fácil interpretación y su implementación

es fundamental para la puesta en marcha de los experimentos a realizar en el laboratorio. Así mismo, es tácito el hecho de la incorporación de la unidad en la serie de dispositivos presentes para realizar las prácticas de laboratorio de hidráulica en la extensión, por lo que el objetivo primordial del proyecto fue realizado a cabalidad.

5.2 Recomendaciones

- Para el buen desempeño del equipo hidráulico, se exhorta a la comunidad estudiantil, así como al personal docente, realizar el respectivo mantenimiento luego de cada práctica ejecutada, así como también efectuar los mantenimientos preventivos en rodamientos y demás piezas mecánicas de la motobomba.
- Es recomendable seguir el instructivo anexo en este proyecto con las indicaciones descritas para ofrecer un correcto uso del equipo hidráulico.
- Para la ejecución de las prácticas en clases, se recomienda llenar el tanque de alimentación con anticipación, debido al factor tiempo. En promedio, el tiempo de llenado a su capacidad máxima, con un caudal oscilante en 0,075 L/s, es de 12 a 15 minutos. A su vez, es conveniente vaciar dicho tanque después de haber realizado las practicas, con el fin de dar facilidad de trasladar el equipo a otro lugar, y para evitar estancamiento de agua, reproducción de zancudos y malos olores producto de bacterias y agentes vivos presentes en el líquido.
- Es importante que, para el manejo del equipo, se tenga conocimiento previo sobre el funcionamiento del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F (2006), **El proyecto de investigación**. Caracas, Venezuela: Episteme. Quinta edición.
- Almeida y Cesin (2010), **Construcción de un equipo para el estudio del resalto hidráulico en el nuevo laboratorio de hidráulica**. Tesis de grado área ingeniería civil, Universidad de Oriente. Estado Anzoátegui.
- Azevedo y Acosta (1976), **Manual de hidráulica**. Sexta edición. Harla, S. A. de C.V.
- Castro, C. (2014), **Evaluación hidráulica de un derivador de caudal tipo orificio**. Tesis de grado área ingeniería civil, Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Díaz, M. y Segnini, E. (2016), Construcción de un equipo hidráulico para el estudio de descarga por vertederos y resalto hidráulico. Caso: Universidad de Oriente- Extensión Cantaura. Tesis de grado área Ingeniería civil, Universidad de Oriente. Estado Anzoátegui.
- Gilles, Randal V. (1973), **Mecánica de los Fluidos e Hidráulica**, Teoría y 75 problemas resueltos, Mc Graw Hill Schaum
- Mataix, C. (1986), **Mecánica de los fluidos y máquinas hidráulicas**. (2^a ed.). Algate, Madrid: Ediciones del Castillo S.A.
- México y Sotelo (1982), **Hidráulica general**. Volumen I, Editorial LIMUSA S.A. Sexta edición, México.
- Olalla, C. (2012), Diseño y construcción de un equipo semiautomático de descarga de líquidos por orificios para la determinación de la velocidad de salida. Tesis de grado área ingeniería química, escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador.
- Puga, M. (2010), **Modelo hidráulico físico de vertederos como ayuda de aprendizaje de la materia de hidráulica**. Tesis de grado área ingeniería civil, Escuela politécnica del ejército. Sangolqui, Ecuador.

- Velásquez, J. y Muñoz, E. (2010), **Construcción de un equipo hidráulico para el estudio de bomba centrífuga y descarga por vertedero triangular [Tesis en línea]**. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, Venezuela. Consultada el 21 de febrero del 2015 en: <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2606/1/45-TEISISIC010V.pdf>
- Vásquez, A. (2013), **Medición de flujo en compuertas y orificios**. Tesis de grado área ingeniería civil, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Villón, M. (2007), Hidráulica de canales (2^{d a} ed.). Lima, Perú.
- Vilchis, M. (2015), **Orificios, Compuertas y Vertedores**. Chile.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

TÍTULO	DISEÑO DE UN EQUIPO DE DESCARGA POR ORIFICIO, PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA, EN LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE, EXTENSIÓN CANTAURA
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Guzmán G., Rhonard J.	VLAC : 20.710.406 E MAIL : rhonardguzman@gmail.com
Cedeño L., Mariangel C.	VLAC : 23.546.384 E MAIL : mariangelcela@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES: Orificio, Caudal, Descarga, Líquidos, Fluidos, Velocidad.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	INGENIERIA CIVIL

RESUMEN (ABSTRACT):

Diseño y construcción de un equipo de descarga de líquidos por orificios contemplará el caso particular de orificios practicados directamente sobre la pared de un depósito con fluido, en el mismo que se visualiza y cuantifica la incidencia del fluido a través de medidores, para obtener los correspondientes valores de tiempo, altura y volumen; se probarán los distintos diámetros de los orificios, y, en cada caso, se compararán los caudales teóricos y reales, además de otras variables dependiendo de las condiciones de trabajo.

Después de haber investigado y estudiado el fenómeno, se realizó un sondeo en el mercado de los diferentes materiales existentes con los que se podía contar para la construcción del equipo y se seleccionaron las partes cuidadosamente. Luego se comenzó la construcción del equipo, se construyó de acuerdo a las medidas el tanque de alimentación, el de descarga y el soporte del equipo. Luego se ensambló el equipo para proceder a realizar las pruebas en él y calibrarlo. Después de varias prácticas se realizaron las conclusiones y recomendaciones para utilizar adecuadamente el equipo.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
González H., Anabel Y			X		
	CVLAC:	16.573.233			
	E_MAIL	anabelyoelin@hotmail.com			
	E_MAIL				
Martínez G., Jhonatan A					X
	CVLAC:	15.376.400			
	E_MAIL	ingmartinezgj@gmail.com			
	E_MAIL				
Medina, Mary Carmen					X
	CVLAC:	14.804.614			
	E_MAIL	marymedina1480@gmail.com			
	E_MAIL				
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2018	05	10
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS:.DISEÑO.DE.UN.EQUIPO.DE.DESCARGA.POR.ORIFICIO,.PARA.EL.LABORATORIO.DE.HIDRÁULICA,.EN.LA.UNIVERSIDAD.DE.ORIENTE,.EXTENSIÓN.CANTAURA. .doc	Application/ msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v
w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL:

(OPCIONAL)

TEMPORAL:

(OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Civil

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Escuela De Ingeniería Y Ciencias Aplicadas

INSTITUCIÓN:

Universidad De Oriente – Núcleo De Anzoátegui / Extensión Centro - Sur
Cantaura

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR <i>[Signature]</i>
FECHA <u>5/8/09</u> HORA <u>5:30</u>

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUMBELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/ YGC/ maruja

Apertado Correos 094 / Teléf: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado:

“Los Trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”

Autor (es):

Guzmán G., Rhonard J.

C.I: 20.710.406

Cedeño L., Mariangel C.

C.I: 23.546.384

Prof. González H., Anabel

TUTOR

Prof. Martínez G., Jhonatan A

JURADO

Prof. Medina, Mary C.

JURADO

POR LA COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO