

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



**“CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVO EN FORMA DE
CANALETA PARSHALL PARA EL LABORATORIO DE
HIDRÁULICA DE LA UDO EXTENSIÓN CANTAURA, ESTADO
ANZOÁTEGUI”**

Realizado por:

Agostini A, Yenny E

Velásquez M, Mairobis J

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

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Marzo 2023

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



**“CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVO EN FORMA DE
CANALETA PARSHALL PARA EL LABORATORIO DE
HIDRÁULICA DE LA UDO EXTENSIÓN CANTAURA, ESTADO
ANZOÁTEGUI”**

Asesor Académico

Ing. Anabel González

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

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Marzo 2023

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



**“CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVO EN FORMA DE
CANALETA PARSHALL PARA EL LABORATORIO DE
HIDRÁULICA DE LA UDO EXTENSIÓN CANTAURA, ESTADO
ANZOÁTEGUI”**

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

APROBADO

Prof. Daniel Cabrera
Jurado Principal

Prof. Gabriel Velásquez
Jurado Principal

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

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Marzo 2023

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 solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo quien lo participara al Consejo Universitario”



DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios por darme fuerza, sabiduría y ayudarme a obtener uno de los anhelos más deseados en la vida.

A mi Madre Aida Arriojas y a mi Padre Abraham Agostini que en paz descanse, ellos fueron mi impulso para seguir adelante y lograr mi meta.

A mi hija Karla Tenorio y a su Padre Carlos Tenorio quienes han sido mi mayor motivación y apoyo para culminar mis estudios.

A mis hermanos Heidy, Williams, Branny y demás familiares por siempre apoyarme y motivarme día a día.

A mi compañera de tesis Mairobis Velásquez por siempre estar a mi lado durante toda la carrera.

A Antonio Itanare, Yaedilis Solórzano Ruiz, Luis Lares, Manuel López, Kervin Martínez y Ramón Orozco por todo el apoyo que me brindaron

A la Universidad de Oriente por abrir sus puertas y permitirme cursar mis estudios, al personal administrativo: Carmen, Elena, Ingrid, Ysmery, por su excelente labor, a los profesores: Ramón Loaiza, Jhonatan Martínez, Jesús Álvarez, Elys Rondón, Gabriel Velásquez, Daniel Cabrera y especialmente mi tutora Anabel González por inculcarme cada uno de los conocimientos para llevar a cabo mi carrera profesional.

Finalmente quisiera dedicar esta tesis a todas las personas que me apoyaron en los momentos difíciles, por todo el amor brindado, de corazón mil gracias.

Yenny Agostini

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por Bendecirme cada momento de mi vida. Por darme la oportunidad de cumplir con este paso que no fue fácil pero tampoco difícil.

A mis Padres con todo mi amor y cariño. Mi Padre Luis Velásquez que hoy en día se encuentra en el cielo, Mi Madre Maigualida Muñoz quienes son mi motor, los que me impulsan a continuar, por su motivación, apoyo incondicional para seguir adelante y así cumplir mis sueños. Todos mis logros se los debo a ustedes, gracias por creer en mí.

A mis abuelos Ramón Muñoz, Lucila Carreño que en paz descansen, Carmen González y Luis Velásquez por todos sus consejos y apoyo brindado

A mis hermanos: Ing. Maibelys, José, Luis, Lic. Mailis que más que hermanos son mis verdaderos amigos. Por hacer de mi una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor. Gracias por estar a mi lado, siempre para apoyarme, yo haré lo mismo por ustedes toda la vida.

A Jesús Ramírez mi compañero de vida, confidente, colaborador y cómplice. Gracias por brindarme apoyo incondicional durante todo el desarrollo de este proyecto, eres mi pilar en esos momentos difíciles.

A mis amigos Alexander Meza, Daniel Cordero, este logro se los dedico a ustedes, Colegas a mi amigo y hermano Eduard Escobar por todo el apoyo incondicional que me ha brindado, a mi amiga y compañera de tesis Yenny Agostini por siempre estar allí y nunca darse por vencida, y finalmente a todos los compañeros de clase que fueron parte de este camino

Mairobis Velásquez

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a Dios, primeramente, a todas las autoridades y personal que hacen la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, la casa más alta en educación por abrirme las puertas y permitirme realizar mi carrera profesional de ingeniería civil.

A todos mis profesores quienes con su paciencia y dedicación se esforzaron por transmitirme sus conocimientos en este largo proceso de formación y como prueba viviente esta tesis que perdurara en mis conocimientos.

A mí querida y apreciada asesora de tesis, la Ing. Anabel González por haberme brindado su apoyo y la oportunidad de recurrir a sus conocimientos y paciencia para guiarme en el desarrollo de la tesis.

Gracias a mis padres Abrahán que en paz descansa y Aida por confiar y ser los principales motores de mis sueños, por todos sus consejos, principios y valores que me han inculcado.

En especial y no menos importante a la Sra. Maigualida Muñoz que gracias a su preocupación, paciencia y palabras de aliento cuando yo decaía durante el proceso de estudio, me motivaba a seguir adelante.

Agradezco a todos mis compañeros de clases durante todo el proceso de formación en la universidad. Ya que motivado a su amistad y compañerismo este nuevo logro profesional que en un principio parecía ser tarea interminable, hoy es un éxito y en gran parte es gracias a ustedes.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo y a todas las personas que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxitos.

Yenny Agostini

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Padre todopoderoso, por ser mi Maestro en mi formación profesional, mi compañero fiel quien siempre estuvo allí de la mano conmigo ayudándome a superar cada obstáculo y tropiezo. Hoy llegar a este momento tan importante de mi vida, es un sueño hecho realidad.

A mi Padre Luis Velásquez que en paz descansé, a mi Madre Maigualida Muñoz por haberme enseñado excelentes valores, como el estar unidos en familia, luchar por nuestras metas. Gracias padres por su interminable paciencia, gracias por elegir mi carrera profesional, por apoyarme en cada momento, desde el inicio de mis estudios hasta el último momento, gracias por todos los consejos porque hoy tienen el resultado.

A mis hermanos, sobrinos y a todos mis tíos: Carmen, Giovanni, Juan, Gioconda, Yudith, Juan, Vianny, Carlos, por motivarme constantemente diciéndome vamos que, si se puede, yo sé que si puedes y lo vas a lograr. Y así es, lo logre gracias a su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de la carrera y la realización de este trabajo.

A la Universidad de Oriente por abrir sus puertas y permitirme cursar mis estudios, al personal administrativo: Carmen, Elena, Ingrid, Ismery, Ronny por su excelente labor, a los profesores: Mario Salazar, Loaiza, Jhonatan Martínez, Jesús Álvarez, Elys Rondón, Laurimar Rojas, Daniel Cabrera y especialmente mi tutora Anabel González por todos sus consejos, amor, paciencia y principalmente por inculcarme cada uno de los conocimientos para llevar a cabo mi carrera profesional.

A la Sra. Aida Arriojas, por ser muy amable, por toda la paciencia, apoyo y por todos sus consejos de motivación.

Al Sr. Luis Lares, Ramón Orozco, Roger Rojas, Carlos Tenorio por todo el apoyo que me brindaron durante la construcción del dispositivo.

Mairobis Velásquez

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE GRAFICAS	xviii
RESUMEN.....	xix
INTRODUCCIÓN	xx
CAPÍTULO I.....	23
EL PROBLEMA.....	23
1.1. Planteamiento del Problema.....	23
1.2. Objetivos	26
1.2.1. Objetivo General.....	26
1.2.2. Objetivos Específicos.....	26
1.2. Justificación.....	26
1.3. Alcance.....	27
CAPÍTULO II.....	29
MARCO TEÓRICO	29

2.1. Antecedentes	29
2.2. Fundamentos Teóricos.....	30
2.2.1. Hidráulica.....	30
2.3. Hidrometría.....	31
2.4. Mecánica de Fluidos.....	31
2.4.1. Definición de los Fluidos.....	31
2.5. Medición del agua	32
2.6. Método volumétrico	32
2.7. Canal.....	33
2.7.1. Flujo en Canales.....	34
2.7.2. Tipos de flujo en Canales.....	34
2.8. Canaleta Parshall.....	35
2.8.1. Características del Canal Parshall.....	35
2.8.2. Partes del Medidor Parshall.....	37
2.8.3. Dimensiones del Medidor Parshall.....	39
2.8.4. Usos del Medidor Parshall.....	40
2.8.5. Puntos de medición.....	41
2.8.6. Teoría de los medidores de régimen crítico.....	43
2.8.7. Ventajas de los medidores Parshall.....	44
2.8.8. Formulas y tablas para el cálculo del caudal en un medidor Parshall.....	44
CAPÍTULO III.....	47
MARCO METODOLÓGICO	47

3.1. Tipo de investigación experimental.	47
3.2. Nivel de investigación.....	47
3.3. Técnicas a utilizar.....	48
3.3.1. Técnicas de recolección de datos:.....	48
3.3.1.1. Revisión documental.	48
3.3.1.2. Observación directa.	49
3.3.2. Herramientas	49
3.3.2.1. Herramientas computacionales.	49
3.3.2.2. Herramientas de oficina.	49
3.3.2.3. Herramientas de construcción.....	49
3.3.3. Técnicas de análisis de datos	50
3.3.3.1. Diagrama de Gantt.	50
3.3.3.2. Procesamiento de datos.....	50
CAPÍTULO IV.....	51
ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS.....	51
4.1. Características Físicas y Técnicas del dispositivo hidráulico: Canaleta Parshall	51
4.2. Materiales y Dimensiones para la Construcción del Dispositivo.....	55
4.3. Presentar los planos de ingeniería del dispositivo hidráulico, con el uso del software AutoCAD.	60
4.4. Confeccionar el dispositivo hidráulico teniendo en cuenta pruebas de calibración del mismo.....	61
4.4.1. Construcción del prototipo:	62

4.4.2. Construcción del Canal Parshall según diseño descrito anteriormente:.....	65
4.4.3. Calibración del dispositivo	70
4.4.4. Comparación de los resultados obtenidos experimentalmente con los de la forma teórica	77
4.5. Elaboración de guías de uso y mantenimiento del dispositivo, correspondiente a la práctica Canaleta Parshall.	80
4.5.1. Instructivo para el correcto uso del dispositivo en forma de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura estado Anzoátegui.	80
4.5.2. Practica de laboratorio “CANALETA PARSHALL”	80
CAPÍTULO V.....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
5.1. Conclusión.....	81
5.2. Recomendación	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
HOJAS DE METADATOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones típicas de medidores Parshall en cm.....	40
Tabla 2. Rango de caudales de operación en canales Parshall	41
Tabla 3. Valores de exponente "n" y coeficiente "K"	45
Tabla 4. Caudales en medidores Parshall en l/s.....	46
Tabla 5. Diseño estándar de aforadores Parshall. Características hidráulicas	55
Tabla 6. Tipos de materiales para la construcción de canaleta Parshall	56
Tabla 7. Dimensiones típicas de medidor Parshall para 1" en cm	59
Tabla 8. Datos obtenidos en el ensayo	72
Tabla 9. Resultados de sumergencia.....	73
Tabla 10. Caudales reales	74
Tabla 11. Logaritmo de "Ha" y "Qr"	75
Tabla 12. Comparación de caudales reales y generados con ecuación calibrada	77
Tabla 13. Comparación de caudales	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aforo volumétrico	33
Figura 2. Ralph Parshall tomando medidas de flujo.....	36
Figura 3. Partes del medidor Parshall (Perfil).	38
Figura 4. Parte del medidor Parshall (Planta).	39
Figura 5. Punto de medición	42
Figura 6. Medidor Parshall.....	43
Figura 8. Corte de piezas.....	62
Figura 9. Pegado de piezas con silicón caliente	63
Figura 10. Superficie cubierta con cinta adhesiva.....	63
Figura 11. Prototipo finalizado	64
Figura 12. Prototipo en funcionamiento	64
Figura 13. Corte de ángulo de hierro 1" x 1"	65
Figura 14. Estructura de soporte, lista para usar	66
Figura 15. Tambor para tanque	66
Figura 16. Tanque listo para usar	67
Figura 17. Trazado de figuras con CorelDraw 2021(64-Bit).....	67
Figura 18. Corte de piezas de la canaleta Parshall.....	68
Figura 19. Perforado de paredes de la canaleta Parshall	68
Figura 20. Unión de piezas del dispositivo.....	69
Figura 21. Refuerzo de paredes con barras roscadas	69
Figura 22. Instalación de la canaleta Parshall	70
Figura 23. Canal Parshall listo para ensayar	71
Figura 24. Canal Parshall en funcionamiento	72

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Logaritmo de "Ha" y "Qr"	76
Grafica 2. Ha vs Qr	79
Grafica 3. Ha vs Qgenerado	79
Grafica 4. Ha vs Qteórico.....	79

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



**“CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVO EN FORMA DE CANALETA
PARSHALL PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UDO
EXTENSIÓN CANTAURA, ESTADO ANZOÁTEGUI”**

Tutor Académico:
Prof. Anabel González

Autores:
Yenny Agostini
Mairobis Velásquez
Cantaura, marzo de 2023

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación consistió en la construcción de dispositivo en forma de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura, estado Anzoátegui, con la finalidad de brindar a los estudiantes de Ingeniería Civil una mayor comprensión al visualizar su funcionamiento bajo condiciones reales en el momento de realizar estudios correspondientes a la práctica, esto como complemento a los conocimientos adquiridos de forma teórica y por otro lado contribuir con la dotación del laboratorio. Para ello fue necesario recopilar toda la información sobre el tema, realizar un estudio de los materiales existentes en la zona, las dimensiones y de este modo se elige el más indicado. Seguidamente se realizan los planos para su diseño utilizando AutoCAD 2018, se procedió a la construcción e instalación con el fin de realizar las pruebas de calibración. Finalmente, se seleccionó la guía de uso y mantenimiento que permiten realizar las prácticas correspondientes del dispositivo.

Palabras claves: Canal, Flujo en canales, Canaleta Parshall, Punto de Medición, Hidráulica, hidrometría, método volumétrico, medición del agua

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la canaleta Parshall es una estructura hidráulica comúnmente utilizada para la medición del caudal en canales abiertos y para la mezcla rápida de sustancias, es muy usada en plantas de potabilización de agua, plantas de tratamiento de aguas residuales y distritos de riego. Inventada por Ralph Parshall en 1920, su diseño contiene una contracción de flujo y una elevación de su base de tal manera que dentro o cerca de ella se produzca flujo crítico; posteriormente el descenso en el nivel de su base produce flujo súper-crítico y ocasiona un resalto hidráulico en su parte más baja donde el flujo pasa a sub-crítico.

Por sus características y alta eficiencia la canaleta Parshall ha servido en distintos campos de la ingeniería, especialmente la ingeniería civil donde el aforo en proyectos hídricos es fundamental, sobre todo en canales de agua natural o artificial, por esto, la construcción de prototipos de laboratorio ha permitido observar y evaluar el comportamiento de estas estructuras frente a distintas variables que se reflejan en situaciones reales y se fortalece el aprendizaje en hidráulica e hidráulica de canales.

Según Monroy (2010), la canaleta Parshall en los últimos años se ha usado como herramienta de aprendizaje en la formación de ingenieros, principalmente en el área de obras civiles, como herramientas de aprendizaje en formación de canaletas construidas en variedad de materiales las cuales suministran un caudal por medio de bombas y motores eléctricos que permiten comparar su funcionamiento con situaciones reales del flujo. En este sentido, la universidad de Oriente, extensión Cantaura no contaba con un modelo didáctico de canaleta Parshall para sus ensayos de laboratorio, lo

que no permitía visualizar a sus estudiantes de la especialidad ingeniería civil los conocimientos teóricos aprendidos en la asignaturas e impedía a los docentes materializar sus explicaciones y ejemplos, dejando en evidencia la anterior problemática el presente proyecto tiene como objetivo construir una canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura estado Anzoátegui que sea didáctica y se adapte a las condiciones de laboratorio y se supla tanto las necesidades como expectativas de la universidad, para el cumplimiento del objetivo en mención.

Seguidamente, se muestra la importancia de haber llevado a cabo desde un punto de vista específico el desarrollo de un proyecto factible con un tipo de investigación explicativo donde se ubicó la información mediante visitas a la universidad recolectando información del espacio donde funcionara el laboratorio, evaluando las necesidades y decadencias generando así una propuesta que garantice el aprendizaje completo a estudiantes de la especialidad de ingeniería civil, en este orden el proyecto se compone de 5 capítulos, con información sobre el paso a paso del desarrollo del mismo detallando a continuación:

Capítulo I

Se describe de manera objetiva la formulación del problema, en el mismo se explica la necesidad de contar con equipos de laboratorio de hidráulica en el departamento de ingeniería para realizar estudios en esta área, esencial para reforzar conocimientos; es así como se manifiesta la idea de construir un dispositivo en forma de canaleta Parshallly se establecen los objetivos generales y específicos para desarrollar el proyecto.

Capítulo II

Se expone el marco teórico, el cual conforme a los análisis investigativos se incluyen los antecedentes, donde se resaltan los proyectos de construcción de equipos para el estudio de descarga por vertedero, resalto hidráulico y descarga por orificio para el laboratorio de hidráulica, sumado al manual de diseño de estructuras de aforo y el manual de hidráulica de J.M de Azevedo y Guillermo Acosta 1976; donde se obtienen los fundamentos teóricos para dar continuidad a la construcción del dispositivo en forma de canaleta Parshall.

Capítulo III

Se explica el marco metodológico donde se implanta el tipo de investigación para llevar cabo un proyecto factible, los niveles y las técnicas usadas, con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados.

Capítulo IV

Esta etapa contempla el análisis de datos y resultados expuestos en los capítulos anteriores, donde se concreta la culminación del orden de los objetivos mediante su estructura creación y fabricación, concluyendo así que el medidor Parshall permite medir cantidades de agua que circulan por una sección.

Capítulo V

Para finalizar quedaron plasmadas las conclusiones y recomendaciones sujetas de los anteriores capítulos. Donde se es imprescindible el cumplimiento del orden específico de los objetivos planteados. Para obtener una propuesta de mejora además, se expresan recomendaciones que se consideran pertinentes.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Para lograr realizar un estudio práctico de ciertos sistemas hidráulicos, es necesario tener equipos que produzcan una simulación a gran escala, equipos que simulen las condiciones que se podrían presentar en la realidad, como es el caso de los laboratorios implementados en las universidades. Ya que si estos ensayos son realizados a escala natural resultarían sumamente costosos.

Hoy en día, existen algunas universidades en Venezuela donde la falta de equipos en los laboratorios representa un problema que afecta a los estudiantes, generando así inconvenientes en su formación académica. Como es el caso en el Municipio Pedro María Freites, en el estado Anzoátegui, donde se ha venido desarrollando una entidad de carácter universitario, la Universidad de Oriente (UDO) Extensión Cantaura.

Actualmente, el laboratorio de hidráulica del departamento de Ingeniería Civil de dicha Universidad, no cuenta con todos los equipos que permiten realizar estudios en esta área. Lo cual trae como consecuencia que los estudiantes carezcan de conocimientos prácticos, bajo condiciones reales para resolver analíticamente problemas que surgen en ingeniería.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, surgió la necesidad de construir un dispositivo en forma de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura, estado Anzoátegui y así realizar

estudios correspondientes a la práctica, por otra parte también, la dotación del laboratorio de hidráulica, con la finalidad de aumentar los conocimientos prácticos, para los estudiantes de ingeniería civil.

La metodología utilizada fue la que aplicó Manuel Agustín Lux Monroy (2010), quien realizó medidores de flujo en canales abiertos en la Universidad de San Carlos de Guatemala, por la cual, el diseño del equipo se realizó partiendo de los equipos utilizados de dicha universidad. Posteriormente se ensamblaron las partes y componentes para realizar las pruebas de ensayo y calibración del mismo y finalmente se elabora el manual de uso del dispositivo hidráulico. Luego de realizar el equipo y su manual se entrega al departamento de Ingeniería Civil para su posterior uso en el laboratorio de hidráulica.

Para la construcción del dispositivo, se visualizó el espacio disponible, que se encuentra en el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura, se realizó un estudio de los materiales y componentes requeridos para saber su disponibilidad en el mercado. Lo cual permitió estudiar distintas opciones para la construcción del mismo, de este modo se eligió la mejor opción que cumple con las condiciones experimentales.

La realización de esta investigación permitió llevar a cabo el proyecto de construcción de dispositivo en forma de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica, ya que la Universidad de Oriente Extensión Cantaura no contaba con un laboratorio debido a la falta de los equipos necesarios para la realización de las 13 prácticas correspondientes a la asignatura laboratorio de hidráulica. Por esta razón, los estudiantes se veían en la necesidad de trasladarse a la Universidad de Oriente, Núcleo

Anzoátegui a cursar la asignatura y así cumplir con lo establecido en el programa académico.

Por lo tanto, en el año 2016-2018 fueron realizados como trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil alrededor de 2 equipos para la dotación del laboratorio de ingeniería hidráulica en la UDO extensión Cantaura. En el 2016 fue diseñado el primer equipo hidráulico que forma parte del laboratorio por Díaz y Segnini (2016), quienes construyeron un equipo hidráulico para el estudio de descarga por vertedero y resalto hidráulico. Además, fue diseñado el segundo equipo realizado por Cedeño y Guzmán (2018), quienes diseñaron un equipo de descarga por orificio para el laboratorio de hidráulica, lo cual motivo la realización de esta investigación como aporte para disminuir las carencias de esta casa de estudio y sirvió de guía para la elaboración de este proyecto.

Cabe destacar que con la realización de este proyecto en la Universidad de Oriente extensión Cantaura se brinda la posibilidad de cursar la materia correspondiente en dicha casa de estudio. Ya que la asignatura se dicta en la extensión, aun cuando no se cuenta con las 13 prácticas en el laboratorio, se facilita el aprendizaje de los alumnos de laboratorio de hidráulica, del mismo modo sirve de guía para la creación de futuros equipos necesarios para el laboratorio 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 de los estudiantes de ingeniería civil.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General.

Construir un dispositivo en forma de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura, Estado Anzoátegui.

1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Describir las características físicas y técnicas del dispositivo hidráulico: Canaleta Parshall.
- ✓ Establecer los materiales y dimensiones para la construcción del dispositivo.
- ✓ Presentar los planos de ingeniería del dispositivo hidráulico, con el uso del software AutoCAD.
- ✓ Confeccionar el dispositivo hidráulico teniendo en cuenta pruebas de calibración del mismo.
- ✓ Elaborar guías de uso y mantenimiento del dispositivo, correspondiente a la práctica Canaleta Parshall.

1.2. Justificación

Este proyecto se enfoca con el fin de aumentar la capacidad de aprendizaje y aportar los conocimientos durante el progreso académico en la Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui, Extensión Cantaura, mejorando el campo de prácticas, con la construcción de dispositivo en forma de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica. Ya que, es importante que

los estudiantes de la facultad de ingeniería civil desarrollen prácticas, observen, identifiquen, relacionen, experimenten y analicen los diferentes fenómenos hidráulicos que pueden llegar a presentarse en su ejercicio profesional.

Aquí radica la importancia del proyecto, lo que se busca principalmente es dejar a las futuras generaciones de estudiantes de ingeniería herramientas en estado óptimo que faciliten y mejoren la comprensión del equipo de canaleta Parshall. Del mismo modo, sirve de guía para la creación de futuros equipos necesarios correspondiente a la asignatura.

1.3. Alcance

El desarrollo de este proyecto se realizó a partir de lo siguiente:

Alcance: Se construyó un dispositivo de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura, estado Anzoátegui, el mismo se entregará a la universidad en óptimas condiciones, de fácil manejo y con las instrucciones respectivas de su funcionamiento.

Viabilidad: La construcción por su complejidad, se desarrolló en un taller especializado en corte y grabado laser de acrílico y en un taller de soldadura. Ya que, ambos cuentan con las características necesarias para la elaboración del dispositivo y se ha tenido previos acuerdos.

Tiempo: El tiempo transcurrido entre la construcción y entrega del dispositivo en forma de canaleta Parshall no será mayor a dos años, pues este es el tiempo máximo que exige la facultad de Ingeniería Civil para que

los estudiantes que culminaron sus asignaturas presenten su trabajo de grado.

Espacio: el dispositivo será ubicado dentro de las instalaciones del laboratorio de hidráulica de la Universidad, a uno de sus costados, de manera que se ubique cerca de una toma corriente de agua y no obstaculice el paso de las personas o el desarrollo de otras actividades.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Cedeño y Guzmán (2018), en la realización de su trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en la Universidad de Oriente, diseñaron un equipo de descarga de líquidos por orificio con la finalidad de que los estudiantes de esta casa de estudios tengan la oportunidad de obtener conocimientos mediante la realización de prácticas de laboratorio y que los estudiantes desarrollen habilidades para resolver analíticamente problemas que surgen en ingeniería.

Por esta razón, la metodología utilizada por Cedeño y Guzmán, motivo la realización de esta investigación como aporte para disminuir las carencias de esta casa de estudio, a fin de que los estudiantes puedan realizar las prácticas correspondientes y de este modo continuar impulsando la dotación del laboratorio de hidráulica de ingeniería civil en la Universidad.

Igualmente, Díaz y Segnini (2016), en su trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero en la Universidad de Oriente, construyeron un equipo para realizar las prácticas de descarga por vertedero y resalto hidráulico, con la finalidad de brindar a los estudiantes de esta casa de estudio la oportunidad de obtener conocimientos mediante experiencias prácticas, por lo cual estudiaron todas las posibilidades existentes para colaborar con la dotación de dicho laboratorio, ejecutando así la construcción del equipo antes mencionado.

Así mismo, la metodología utilizada por Díaz y Segnini sirvió de guía para la fabricación del equipo, los procedimientos descritos en su investigación, tales como: el sondeo de materiales, componentes y calibración del dispositivo; para así garantizar el ensamblado del mismo 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.

Del mismo modo, Lux (2010), en su trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizó medidores de flujo en canales abiertos con la finalidad de que los estudiantes pueden utilizar el documento con toda la información necesaria sobre vertederos de pared delgada y canal Parshall como instrumento de medidores de flujo en canales abiertos. Además, puede utilizarse como referencia en los cursos de ingeniería civil que abarca el tema.

Por lo tanto, este artículo sirvió como base de referencia para este proyecto, ya que, este tipo de investigación es un gran aporte a la construcción del dispositivo, las características físicas y técnicas del dispositivo, también contribuye a seleccionar las guías correspondientes a la práctica de canaleta Parshall en el laboratorio de hidráulica.

2.2. Fundamentos Teóricos

2.2.1. Hidráulica.

Es la rama de la ingeniería civil que ocupa del diseño y ejecución de obras relacionadas con el agua, se utiliza para diferentes funciones como la obtención de energía eléctrica, para riego, tratamiento de agua potable, canalización y para la construcción de estructuras en mares, ríos y lagos.

2.3. Hidrometría.

Es una de las partes más importantes de la hidráulica, porque se ocupa de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería por unidad de tiempo.

Se define la hidrometría como la parte de la hidráulica que tiene por objetivo medir el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo dentro de una sección transversal. Las determinaciones de caudal se realizan para diversos fines: sistemas de abastecimiento de agua, obras de riego, estudios de drenajes, instalaciones hidroeléctricas, entre otros.

2.4. Mecánica de Fluidos.

Según Mataix (1986), “la mecánica de los fluidos es la parte de la mecánica que estudia las leyes del comportamiento de los fluidos en equilibrio, hidrostática y en movimiento, hidrodinámico”. (p.1). En otras palabras, la mecánica de fluidos es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil e industrial, la metodología, las construcciones navales y la oceanografía. La característica fundamental que define a los fluidos es su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes (lo que provoca que carezcan de forma definida).

2.4.1. Definición de los Fluidos.

Es aquella sustancia que, debido a su poca cohesión intermolecular, carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene. Cuando están en equilibrio los fluidos no pueden soportar fuerzas tangenciales o cortantes. (Op. cita., p.7). A groso modo todos los fluidos son

comprensibles en cierto grado y ofrecen poca resistencia a los cambios de forma.

2.5. Medición del agua

Es la cuantificación del caudal de agua que pasa por la sección transversal de un río, canal o tubería. También se le conoce como aforo.

La medición del agua resulta de la necesidad de brindar mayor control sobre su uso y distribución. Dicha medición se realiza a través de medidores de flujo, los cuales son dispositivos que utilizan diferentes principios mecánicos o físicos para permitir que un flujo de agua pueda ser cuantificado.

2.6. Método volumétrico

Se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente de un volumen conocido para recolectar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen (fig. 1).

$$Q = \frac{V}{T} \text{Ecuación 1.}$$

T

Donde: Q= Caudal (l/s)

V= Volumen (l)

T= Tiempo (s)

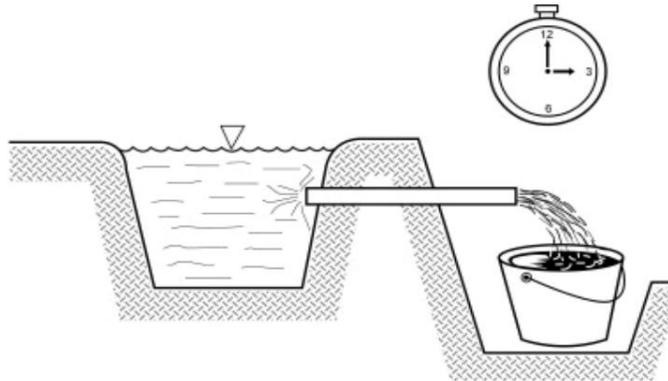


Figura 1. Aforo volumétrico

Fuente: J.M de Azevedo y Guillermo Acosta. Manual de Hidráulica 1976.

2.7. Canal.

Según Villon (2007), “los canales son conductores en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera”. (p.15.). 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, transportando fluidos por alcantarillas o tuberías. La descripción del comportamiento hidráulico de los canales es una parte fundamental de la hidráulica y su diseño pertenece al comportamiento de ingeniería hidráulica, una de las especialidades de ingeniería civil.

2.7.1. Flujo en Canales.

Según Chow (2004), “El flujo de agua en un conducto puede ser flujo en canal abierto o flujo en tubería. Estas dos clases de flujo son similares en muchos aspectos, pero se diferencian en otros”. (p.3). El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, mientras que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto. Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica.

2.7.2. Tipos de flujo en Canales.

a) Flujo permanente y flujo no permanente.

“El flujo es permanente si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al tiempo, es decir, en una sección del canal en todos los tiempos los elementos del flujo permanecen constantes si los parámetros cambian con respecto al tiempo el flujo se llama no permanente.” En la mayor parte de los problemas de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo, si el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente.

b) Flujo uniforme y flujo variado.

Esta clasificación obedece a la utilización del espacio como variable. El flujo es uniforme si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al espacio, es decir, en cualquier sección del canal los elementos del flujo permanecen constantes. Si los parámetros varían de una

sección a otra, el flujo se llama no uniforme o variado. El flujo variado puede clasificarse como rápidamente variado o gradualmente variado.

- ✓ **Flujo rápidamente variado:** El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas, como es el caso del resalto hidráulico. La principal característica del flujo rápidamente variado es que la curvatura de las líneas de corriente es pronunciada, con lo cual la suposición de una distribución hidrostática de presiones deja de ser válida.

- ✓ **Flujo gradualmente variado:** El flujo gradualmente variado es aquel en el cual los parámetros cambian en forma gradual a lo largo del canal, como es el caso de una curva de remanso. Además, el flujo mencionado puede ser acelerado o retardado. El primero se presenta cuando los tirantes en la dirección del escurrimiento van disminuyendo y el segundo, llamado también remanso existe cuando sucede el fenómeno contrario (Op. Cit., p.8).

2.8. Canaleta Parshall.

Según Lux (2010), "la canaleta Parshall es un elemento primario de caudal con una amplia gama de aplicaciones para medir el caudal en canales abiertos. Puede ser usado para medir el flujo en ríos, canales de irrigación y/o de desagüe, salidas de alcantarillas, aguas residuales, vertidos de fábricas, etc." (op.cit., p.21)

2.8.1. Características del Canal Parshall.

Según Lux (2010), "El canal Parshall o también llamado medidor Parshall, es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado. Es un medidor de régimen crítico, siendo idealizado por Ralph L. Parshall, ingeniero del servicio de irrigación del departamento de agricultura de los Estados Unidos". Los medidores Parshall son identificados nominalmente por el ancho de su garganta, por ejemplo: un medidor Parshall de 9 pulg. Mide 0.229m (Fig. 2).



Figura 2. Ralph Parshall tomando medidas de flujo
Fuente: www.lib.colostate.edu1946

Para su fabricación, en los medidores Parshall se han utilizado muy diversos materiales, pudiéndose fabricar de láminas de metal o madera y recientemente de fibra de vidrio. También se pueden construir directamente sobre el terreno con el uso de elementos de mampostería como ladrillos y bloques de concreto y en algunos casos fundidos con concreto reforzados para mayor durabilidad.

2.8.2. Partes del Medidor Parshall.

Consta de cuatro partes principales:

- ✓ Transición de entrada
- ✓ Sección convergente
- ✓ Garganta
- ✓ Sección divergente

En la transición de entrada es conveniente elevar el piso sobre el fondo original del canal, con una pendiente de 1:4 (1 vertical y 4 horizontal) hasta comenzar la sección convergente, con paredes que se van cerrando en línea recta o circular de radio (R) debido a que el aforador Parshall es una reducción de la sección del canal, que obliga al agua a elevarse o a remansarse para luego volver a descender hasta el nivel inicial sin el aforador. En este proceso se presenta una aceleración del flujo que permite establecer una relación matemática entre la altura de carga o elevación que alcanza el agua y el caudal que circula a través del dispositivo.

- para medidores de 4 a 8 pies $R=0.61\text{m}$

-para medidores menores a 1 pie o 30 cm, ancho de garganta $R=0.41\text{m}$

-para medidores de 1 a 3 pies $R=0.51\text{m}$

En la sección convergente, el fondo es horizontal, su base presenta una pendiente de cero y su ancho va disminuyendo hasta la garganta. En la garganta el piso vuelve a bajar para terminar con una pendiente ascendente de 3.8 (3 vertical y 8 horizontal). En la sección divergente el piso sube nuevamente con pendiente de 1:6 (1 vertical y 6 horizontal), es el final de la estructura y su ancho de paredes aumenta desde la garganta al ancho inicial del canal (Fig. 3).

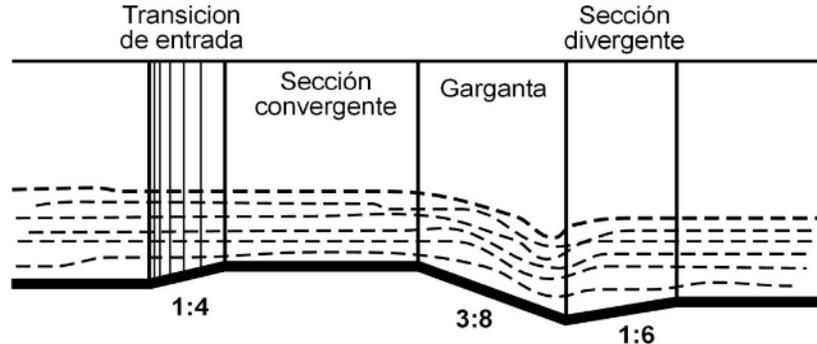


Figura 3. Partes del medidor Parshall (Perfil).
Fuente: J.M de Azevedo y Guillermo Acosta. Manual de Hidráulica 1976.

En cualquier parte del medidor Parshall, desde el inicio de la transición de entrada hasta la salida, el medidor tiene una sección rectangular. Cabe mencionar que de acuerdo al Flujo que pasara a través del aforador se podrá elegir el dispositivo. Ya que, el flujo de aguas arriba debe ser tranquilo, con una velocidad uniforme y el fondo del aforador debe ser nivelado tanto longitudinalmente cómo transversalmente(Fig. 4).

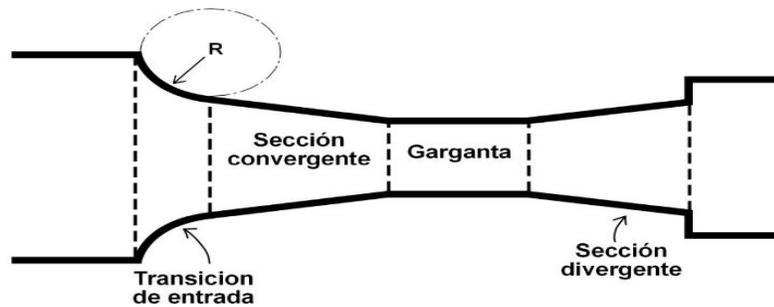


Figura 4. Parte del medidor Parshall (Planta).
 Fuente: J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica 1976.

2.8.3. Dimensiones del Medidor Parshall.

Los medidores menos empleados son los de 1 pulg. (2.5 cm) de ancho de garganta y el mayor construido hasta hoy mide 50 pies (15.24 m) y tiene una capacidad para 85,000 l/s. A partir de diferentes prácticas experimentales J.M. de Azevedo y Acosta G, establecen en su manual de hidráulica las dimensiones para la construcción de una canaleta Parshall teniendo como base el ancho de la garganta. La tabla I incluye las dimensiones típicas para los medidores hasta de 10pies.

Tabla 1. Dimensiones típicas de medidores Parshall en cm

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
1"	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1½'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Fuente: J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica 1976.

2.8.4. Usos del Medidor Parshall.

El medidor Parshall fue creado teniendo como objetivo principal la irrigación. Los de menor tamaño se usan para regular la descarga de agua distribuida a propiedades agrícolas y los de mayor tamaño se utilizan en grandes canales de riego. También se utilizan en estaciones de tratamiento para la inyección de sustancias químicas, aprovechando el resalto hidráulico.

La medición del caudal, tan necesaria en servicios de abastecimiento de agua, puede ser realizada fácilmente y con pequeño gasto económico si se utilizan los medidores de forma conveniente. Su uso es recomendado en canales principales, estaciones de tratamiento, entradas en depósitos, entre otros.

A continuación, se muestra la tabla II con diferentes medidas de ancho de garganta (W) en pulg. y en cm, los rangos de caudales mínimos y máximo en los que se recomienda que operen de forma eficiente los canales Parshall trabajando a descarga libre.

Tabla 2. Rango de caudales de operación en canales Parshall

Ancho de Garganta W		Caudal Q (l/s)	
pulg	cm	Mínimo	Máximo
3"	7.6	0.85	53.8
6"	15.2	1.52	110.4
9"	22.9	2.55	251.9
1'	30.5	3.11	455.6
1½'	45.7	4.25	696.2
2'	61.0	11.89	936.7
3'	91.5	17.26	1426.3
4'	122.0	36.79	1921.5
5'	152.5	62.8	2422.0
6'	183.0	74.4	2929.0
7'	213.5	115.4	3440.0
8'	244.0	130.7	3950.0
10'	305.0	200.0	5660.0

Fuente: J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica 1976.

2.8.5. Puntos de medición.

La única medida de carga h necesaria para conocer el caudal, se hace en la sección convergente, en un punto que se localiza a $2/3$ de A . En este punto se mide el tirante de agua con una regla o se instala junto a la pared

una escala para lecturas. También se puede colocar un tubo o manguera comunicando el nivel del agua a un pozo lateral de medición, en donde se puede colocar una boya adherida a una varilla metálica que indique la altura o sirva como transmisión de un sistema eléctrico a distancia (Fig. 5).

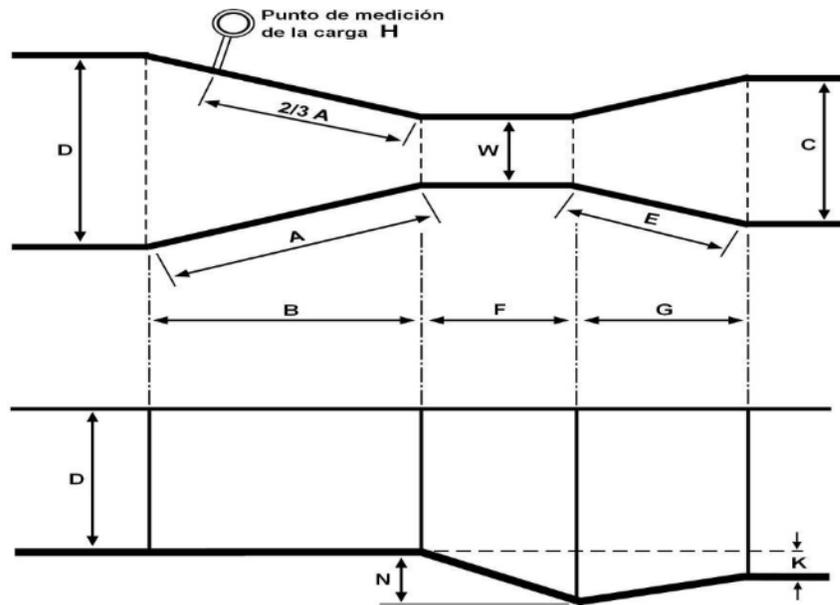


Figura 5. Punto de medición

Fuente: J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica 1976.

W = Ancho de garganta

A = Longitud de las paredes de la sección convergente

$2/3 A$ = Ubicación del punto de medición de la carga H

B = Longitud de la sección Convergente

C = Ancho de la salida

D = Ancho de la entrada de la sección convergente

E = Longitud de las paredes de la sección divergente

F = Longitud de la garganta

G = Longitud de la sección divergente

K = Diferencia de elevación entre la salida y la cresta

N = profundidad de la cubierta

2.8.6. Teoría de los medidores de régimen crítico.

Los medidores de régimen crítico pueden consistir en un simple estrechamiento adecuado de sección, en el rebajamiento o en la elevación del fondo o en una combinación de estas, capaz de ocasionar el régimen crítico. Existe una gran variedad de medidores de este tipo, siendo más conocidos los medidores Parshall. Los cuales son construidos por una sección convergente, una sección estrecha y una sección divergente. (Fig.6).

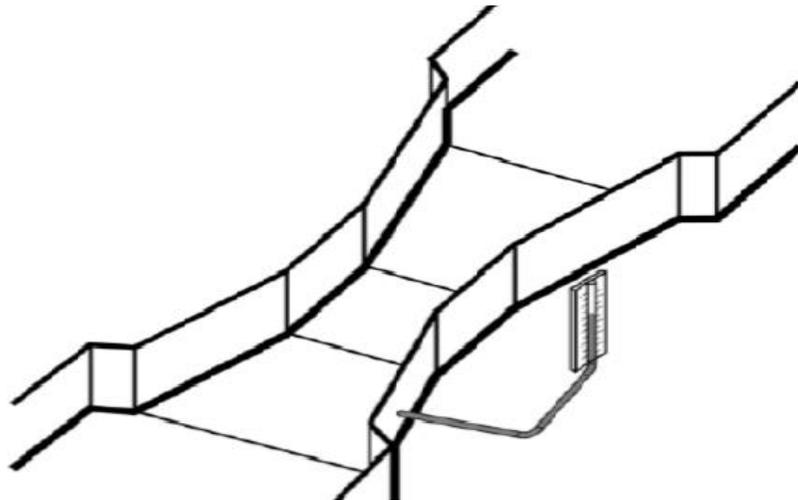


Figura 6. Medidor Parshall

Fuente: J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica 1976.

Como ya se indicó con anterioridad los medidores Parshall son muy utilizados en la medición de caudales de riego y en algunos casos de aguas residuales. Esto por no presentar aristas u obstáculos que impidan el paso de la corriente líquida como los vertederos. Y por tener una pérdida de carga relativamente pequeña, su uso tiende a generalizarse. Al estudiar de forma

generalizada los canales, se comprueba que para determinadas condiciones existe un canal un tirante límite estrechamente relacionado a los dos regímenes de flujo: el lento y el rápido, es el tirante crítico.

2.8.7. Ventajas de los medidores Parshall.

Se puede mencionar como una de las principales ventajas, el material con que pueden ser construidos los medidores Parshall (vidrio, acrílicos, metal, madera, bloques de concreto), siendo la más recomendable en láminas acrílicos para construir en laboratorios. Además, presentan otras que tienen sus propias características hidráulicas, por ejemplo:

- ✓ Una sola medida o determinación de carga es suficiente para determinar el caudal.
- ✓ La pérdida de carga es mínima.
- ✓ El paso del flujo es libre y por lo tanto no presenta problemas de obstrucción con elementos arrastrados por la corriente.
- ✓ Al ser la velocidad de la garganta mayor que la velocidad de aproximación, no existe la posibilidad que ocurran sedimentaciones que afecten las mediciones.

2.8.8. Formulas y tablas para el cálculo del caudal en un medidor Parshall.

Ecuación para calcular el caudal de tipo potencial:

$$Q = K H^n \text{ Ecuación 2.}$$

Q=Caudal de tipo exponencial

K=Constante específica para cada tamaño de canaleta Parshall

H= altura del agua indicada en la escala del canal

n=Constante específica para cada tamaño de canaleta Parshall

En la tabla III, se presentan las medidas del ancho de garganta Parshall y de acuerdo a esas medidas están los valores del coeficiente **k** para los sistemas métrico e inglés, siendo una constante específica para cada tamaño de canaleta Parshall, así como los de la exponente **n**, es una constante específica para cada tamaño de Parshall (tabla III). Donde se puede apreciar los diferentes anchos de ancho de garganta (**W**), que van desde 3" hasta 8'

Tabla 3. Valores de exponente "n" y coeficiente "K"

W		n	K	
S.I.	m.		unidades métricas	unidades inglesas
3"	0.076	1.547	0.176	0.992
6"	0.152	1.580	0.381	2.06
9"	0.229	1.530	0.535	3.07
1'	0.305	1.522	0.690	4.00
1 1/2'	0.457	1.538	1.054	6.00
2'	0.610	1.550	1.426	8.00
3'	0.915	1.566	2.182	12.00
4'	1.220	1.578	2.935	16.00
5'	1.525	1.587	3.728	20.00
6'	1.830	1.595	4.515	24.00
7'	2.135	1.601	5.306	28.00
8'	2.440	1.606	6.101	32.00

Fuente: J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica 1976.

A continuación, la tabla IV establece el ancho de garganta (W) en pulg. la altura del agua (Ha) en el punto de medición en cm y el caudal mínimo ya calculado para cada uno de los medidores Parshall. Se puede observar que dependiendo del ancho de garganta y la altura del punto de medición cada medidor tiene un caudal diferente.

Tabla 4. Caudales en medidores Parshall en l/s

H (cm)	Ancho de Garganta W (pulg)							
	3"	6"	9"	1'	1½'	2'	3'	4'
3	0.8	1.4	2.5	3.1	4.2	---	---	---
4	1.2	2.3	4.0	4.6	6.9	---	---	---
5	1.5	3.2	5.5	7.0	10.0	13.8	20	---
6	2.3	4.5	7.3	9.9	14.4	18.7	27	35
7	2.9	5.7	9.1	12.5	17.8	23.2	34	45
8	3.5	7.1	11.1	14.5	21.6	28.0	42	55
9	4.3	8.5	13.5	17.7	26.0	34.2	50	66
10	5.0	10.3	15.8	20.9	30.8	40.6	60	78
11	5.8	11.6	18.1	23.8	35.4	46.5	69	90
12	6.7	13.4	24.0	27.4	40.5	53.5	79	105
13	7.5	15.2	23.8	31.0	45.6	60.3	93	119
14	8.5	17.3	26.6	34.8	51.5	68.0	101	133
15	9.4	19.1	29.2	38.4	57.0	75.5	112	149
16	10.8	21.1	32.4	42.5	63.0	83.5	124	165
17	11.4	23.2	35.6	46.8	69.0	92.0	137	182
18	12.4	25.2	38.8	51.0	75.4	100.0	148	198
19	13.5	27.7	42.3	55.2	82.2	109.0	163	216
20	14.6	30.0	45.7	59.8	89.0	118.0	177	235
25	20.6	42.5	64.2	83.8	125.0	167.0	248	331
30	27.4	57.0	85.0	111.0	166.0	221.0	334	446
35	34.4	72.2	106.8	139.0	209.0	280.0	422	562
40	42.5	89.5	131.0	170.0	257.0	345.0	525	700
45	51.0	107.0	157.0	203.0	306.0	414.0	629	840
50	---	---	185.0	240.0	362.0	486.0	736	990
55	---	---	214.0	277.0	418.8	563.0	852	1,144
60	---	---	243.0	314.0	478.3	642.0	971	1,308
65	---	---	---	356.0	543.4	730.0	1,110	1,490
70	---	---	---	402.0	611.3	821.0	1,249	1,684

Fuente: J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica 1976.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación experimental.

Es de tipo proyecto factible debido a que permite la aplicación de una solución viable, cuyo propósito es satisfacer una necesidad o solucionar un problema siguiendo una metodología. En este caso la construcción de un dispositivo hidráulico para el estudio de canaleta Parshall en el laboratorio de hidráulica del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, Estado Anzoátegui.

Arias (2006), señala: “Que se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (p.134).

De lo antes planteado, para llevar a cabo un proyecto factible, lo primero que debe realizarse es un diagnóstico de la situación planteada, en segundo lugar, es fundamentar con basamento teóricos la propuesta a elaborar y establecer tanto los procedimientos metodológicos como las actividades y los recursos.

3.2. Nivel de investigación.

Arias (2012), sobre la investigación explicativa expresa que:

Consiste en 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. (p.26).

Este proyecto asumió el nivel de investigación anteriormente explicado ya que durante el desarrollo de la investigación se realiza ensayos donde se establecen diversas variables y parámetros; estas variables están relacionadas con las pruebas que se ejecutan con el dispositivo hidráulico.

3.3. Técnicas a utilizar.

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos en el desarrollo o proceso de ejecución del proyecto se aplicó las siguientes técnicas:

3.3.1. Técnicas de recolección de datos:

3.3.1.1. Revisión documental.

Se obtuvo información de importancia sobre las características y puntos relevantes en el proyecto de estudio. Se consultó distintas referencias bibliográficas, manuales: Manual de diseño de estructuras de aforo, instituto mexicano de tecnología del agua (IMTA) y el Manual de Hidráulica 1976 de J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Normas ISO 9826:1992, Normas ASTM D1941-91 (2001) y proyectos anteriores

3.3.1.2. Observación directa.

Se utilizo esta técnica para realizar un examen general de las características de los diferentes materiales disponibles para la construcción del dispositivo.

3.3.2. Herramientas

3.3.2.1. Herramientas computacionales.

Computadores, impresora, calculadoras, programas de dibujo y cálculo (AutoCAD 2019, Microsoft Excel 2010, Microsoft Word 2010, Corel Draw 2021 (64-Bit), dispositivos de almacenamiento masivo, todos estos se utilizaron con el fin de agilizar los procedimientos de cálculo inherentes a la construcción del dispositivo.

3.3.2.2. Herramientas de oficina.

Papel de plotter para la impresión de planos del dispositivo hidráulico, papel bond para la impresión de documentos, lápices, borradores, marcadores, bolígrafos, entre otros.

3.3.2.3. Herramientas de construcción.

Maquinarias, equipos, materiales e instrumentos de medición, con el objeto de ejecutar el trabajo constructivo se utilizó: lamina de acrílico, lamina de metal, Regla graduada en centímetros, Maquina laser de CO2, Barras roscadas 3/8" de acero galvanizado, Roldanas con empaque y tuercas de acero galvanizado, Bomba de agua 1/2hp USA Hardware. Taladro eléctrico, Esmerilangular DEWALT, Cloruro de metileno líquido 500ml, Veracril acrílico

liquido Autopolimerizable 500ml, Veracril acrílico Autopolimerizable 250g, Tubería PAVCO 3/4, Tubería PAVCO 1", Electrodo E6013, Angulo de 1" x 1", pintugama esmalte color blanco, fondo anticorrosivo color gris y cable numero 12, Pega Sold 300, Válvula de bola 3/4 PAVCO, Angulo de hierro 1" x 1", Cabilla Cuadrada 1/2, Electrodo E6013, entre otros.

3.3.3. Técnicas de análisis de datos

3.3.3.1. Diagrama de Gantt.

Se implementó para la elaboración del cronograma de actividades, en base al cual se ejecutó las labores de construcción del dispositivo.

3.3.3.2. Procesamiento de datos.

Mediante la utilización de técnicas, estadísticas y en base a la metodología del manual de hidráulica se procesó los datos obtenidos en los ensayos de calibración del dispositivo hidráulico a fin de analizarlos y realizar los ajustes correspondientes. Estos datos y resultados se presentan en forma tabulada y gráfica en función a los parámetros o variables inherentes a los ensayos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

4.1. Características Físicas y Técnicas del dispositivo hidráulico: Canaleta Parshall

Según Lux (2010), “El canal Parshall o también llamado medidor Parshall, es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado. Es un medidor de régimen crítico, siendo idealizado por Ralph L. Parshall, ingeniero del servicio de irrigación del departamento de agricultura de los Estados Unidos”. Los medidores Parshall son identificados nominalmente por el ancho de su garganta, por ejemplo: un medidor Parshall de 9 pulg. Mide 0.23m, como se muestra en la tabla I de dimensiones típicas del manual de hidráulica J.M. de Azevedo y Acosta G.

Cabe destacar que el medidor Parshall fue creado teniendo como objetivo principal la irrigación. Los de menor tamaño se usan para regular la descarga de agua distribuida a propiedades agrícolas y los de mayor tamaño se utilizan en grandes canales de riego. También se utilizan en estaciones de tratamiento para la inyección de sustancias químicas, aprovechando el resalto hidráulico. La medición del caudal, tan necesaria en servicios de abastecimiento de agua, puede ser realizada fácilmente y con pequeño gasto económico si se utilizan los medidores de forma conveniente. Su uso es recomendado en canales principales, estaciones de tratamiento, entradas en depósitos, entre otros.

Para la fabricación de los medidores Parshall se han utilizado muy diversos materiales, pudiéndose fabricar de láminas de metal o madera y recientemente de fibra de vidrio o lámina de acrílico. También se pueden construir directamente sobre el terreno con el uso de elementos de mampostería como ladrillos y bloques de concreto y en algunos casos fundidos con concreto reforzados para mayor durabilidad. Tomando en cuenta lo antes mencionado, la construcción del dispositivo en forma de canaleta Parshall fue construida en lámina acrílico, transparente, de textura lisa y con un espesor de 5mm, se eligió este material debido a que es bastante liviano y es de gran resistencia.

La canaleta Parshall consta de cuatro partes principales:

- En la transición de entrada es conveniente elevar el piso sobre el fondo original del canal, con una pendiente de 1:4 (1 vertical y 4 horizontal) hasta comenzar la sección convergente, con paredes que se van cerrando en línea recta o circular de radio debido a que el aforador Parshall es una reducción de la sección del canal, que obliga al agua a elevarse o a remansarse para luego volver a descender hasta el nivel inicial sin el aforador. En este proceso se presenta una aceleración del flujo que permite establecer una relación matemática entre la altura de carga o elevación que alcanza el agua y el caudal que circula a través del dispositivo.
- En la sección convergente, el fondo es horizontal, su base presenta una pendiente de cero y su ancho va disminuyendo hasta la garganta. En la garganta el piso vuelve a bajar para terminar con una pendiente ascendente de 3.8 (3 vertical y 8 horizontal). En la sección divergente

el piso sube nuevamente con pendiente de 1:6 (1 vertical y 6 horizontal) y su ancho de paredes aumenta desde la garganta al final de la estructura.

- En cualquier parte del medidor Parshall, desde el inicio de la transición de entrada hasta la salida, el medidor tiene una sección rectangular. Cabe mencionar que de acuerdo al Flujo que pasará a través del aforador se podrá elegir el dispositivo. Ya que, el flujo de aguas arriba debe ser tranquilo, con una velocidad uniforme y el fondo del aforador debe ser nivelado tanto longitudinalmente cómo transversalmente.
- Se puede mencionar como una de las principales ventajas, el material con que pueden ser construidos los medidores Parshall (vidrio, acrílicos, metal, madera, bloques de concreto), siendo la más recomendable en laminas acrílicos para construir en laboratorios. Además, presentan otras que tienen sus propias características hidráulicas, por ejemplo:
 - ✓ Una sola medida o determinación de carga es suficiente para determinar el caudal.
 - ✓ La pérdida de carga es mínima.
 - ✓ El paso del flujo es libre y por lo tanto no presenta problemas de obstrucción con elementos arrastrados por la corriente.

- ✓ Al ser la velocidad de la garganta mayor que la velocidad de aproximación, no existe la posibilidad que ocurran sedimentaciones que afecten las mediciones.
- ✓ Su uso es válido para una gran variedad de emplazamientos (cauces, canales de riego, pequeños canales, entre otros).

Y sus inconvenientes:

- ✓ Su construcción es más costosa ya que requiere de una precisión geométrica detallada para que sus mediciones sean correctas.
- ✓ No pueden usarse en lugares cercanos a derivaciones.
- ✓ El flujo de llegada debe ser uniforme y la superficie de agua de entrada relativamente suave.

La canaleta Parshall es utilizada generalmente para la medición del flujo de líquidos en canales abiertos. Adicionalmente presenta gran eficiencia, pues se requiere una sola medida de carga para determinar el caudal. Por lo tanto, la Ecuación para calcular el caudal de tipo potencial es:

$$Q = K H^n$$

Q= Caudal de tipo exponencial

K= Constante específica para cada tamaño de canaleta Parshall

H= altura del agua indicada en la escala del canal

n= Constante específica para cada tamaño de canaleta Parshall

En la tabla V, se presentan las medidas del ancho de garganta Parshall, los rango de gastos, los coeficientes de la formula y de acuerdo a las medidas del ancho de garganta están los valores del coeficiente **k**, así como los de la exponente **n**. Siendo k y n una constante específica para cada tamaño de canaleta Parshall, además se puede apreciar los valores del rango de carga y el límite modular para cada ancho de garganta.

Tabla 5. Diseño estándar de aforadores Parshall. Características hidráulicas

Ancho de Garganta	Rango de Gastos		Coeficientes de la fórmula		Rango de carga		Límite modular
	Mín.	Máx.	$Q=Rk_1^n$ (m^3/s)		Mín.	Máx.	(h_2/h_1)
cm	l/s		k	n	m		
2.5	0.09	5.4	0.0604	1.55	0.015	0.21	0.50
5.0	0.18	13.2	0.1207	1.55	0.015	0.24	0.50
7.5	0.77	32.1	0.1771	1.55	0.03	0.33	0.50
15.0	1.50	111.0	0.3812	1.58	0.03	0.45	0.60
22.5	2.50	251.0	0.5354	1.53	0.03	0.61	0.60
30.5	3.32	457.0	0.6909	1.52	0.03	0.76	0.70
45.5	4.80	695.0	1.0560	1.538	0.03	0.76	0.70
61.0	12.10	937.0	1.4280	1.550	0.046	0.76	0.70
91.5	17.60	1427.0	2.1840	1.566	0.046	0.76	0.70
122.0	35.80	1923.0	2.9530	1.578	0.06	0.76	0.70
152.5	44.10	2424.0	3.7320	1.587	0.06	0.76	0.70
183.0	74.10	2929.0	4.5190	1.595	0.076	0.76	0.70
213.5	85.80	3438.0	5.3120	1.601	0.076	0.76	0.70
244.0	97.20	3949.0	6.1120	1.607	0.076	0.76	0.70
m	m^3/s						
3.05	0.16	8.28	7.463	1.60	0.09	1.07	0.80
3.66	0.19	14.68	8.859	1.60	0.09	1.37	0.80
4.58	0.23	25.04	10.96	1.60	0.09	1.67	0.80
6.10	0.31	37.97	14.45	1.60	0.09	1.83	0.80
7.63	0.38	47.14	17.94	1.60	0.09	1.83	0.80
9.15	0.46	56.33	21.44	1.60	0.09	1.83	0.80
12.20	0.60	74.70	28.43	1.60	0.09	1.83	0.80
15.25	0.75	93.04	35.41	1.60	0.09	1.83	0.80

Fuente: IMTA, Manual de diseño de estructuras de aforo.

4.2. Materiales y Dimensiones para la Construcción del Dispositivo

Se realizó un estudio en el mercado de los diferentes tipos de materiales existente en la zona, tomando en cuenta distintas alternativas, desde el punto de vista presupuestario, calidad, disponibilidad, peso, transporte de los materiales y de este modo seleccionar el más adecuado para la construcción del dispositivo de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO, extensión Cantaura, estado Anzoátegui (tablaVI).

Tabla 6. Tipos de materiales para la construcción de canaleta Parshall

Madera	Acero	Vidrio	Acrílico
-Es muy fuerte y resistente. -Es muy liviana, a diferencia del acero y el vidrio. -Estructuralmente funciona bien a tracción, compresión y a flexión. -Posee bajo coste. -Tiene alta durabilidad.	-Alta resistencia a la corrosión. -Bajo costo de mantenimiento. -Es pesado. -Resiste altas presiones. -Resiste a los cambios climáticos -Tiene buenas propiedades de soldabilidad, mecanizado, corte, doblado y plegado.	-Es transparente. -Es muy pesado. -No resiste a impactos superiores. -Permanece por periodos muy largos. -Posee bajo coste. -Resiste altas presiones, así como altas temperaturas. -Resiste a los cambios climáticos	-Es transparente. -Es más liviano que el vidrio. -Fácil de manipular, puede ser cortado, lijado, moldeado fácilmente. -Resiste altas presiones. -Resiste a cambios climáticos.

Fuente: Autor

Luego de estudiar los diferentes tipos de materiales para la construcción de la canaleta Parshall, se selecciono el más idóneo: lámina de

acrílico de 5 mm, tiene buena tenacidad, no es fácil de romper, es transparente. Se prefiere este material debido a que es bastante liviano y a la vez presenta gran resistencia, propiedades que son de utilidad en el proceso del montaje. Además, se elige el material transparente para facilitar a los alumnos la visualización del comportamiento del flujo en los momentos de realizar los ensayos y así obtener una mejor comprensión de su funcionamiento al simular condiciones reales que se puedan presentar a los profesionales de la ingeniería civil. También se opta porque el material sea de textura lisa, ya que, así evita obstrucciones al flujo por acumulación de sedimentos, lo que hace más eficiente para las mediciones. De igual modo, se utilizó este mismo material para hacer el tanque de alimentación.

Seguidamente, se seleccionó un tambor de hierro el cual se modifico y se utilizo de tanque de almacenamiento y descarga. Ya que no es necesario visualizar el comportamiento del agua que cae en el tanque y por ende solo se va a almacenar para luego pasar a llenar el tanque de alimentación.

Adicionalmente se requieren los siguientes materiales para la construcción de la canaleta Parshall:

- Regla graduada en centímetros.
- Maquina laser de CO2
- Lija al agua de grano de 60 y de 80
- Barras roscadas 3/8" de acero galvanizado.
- Roldanas con empaque y tuercas de acero galvanizado.
- Bomba de agua 1/2hp USA Hardware.
- Taladro eléctrico.
- Esmeril angular DEWALT

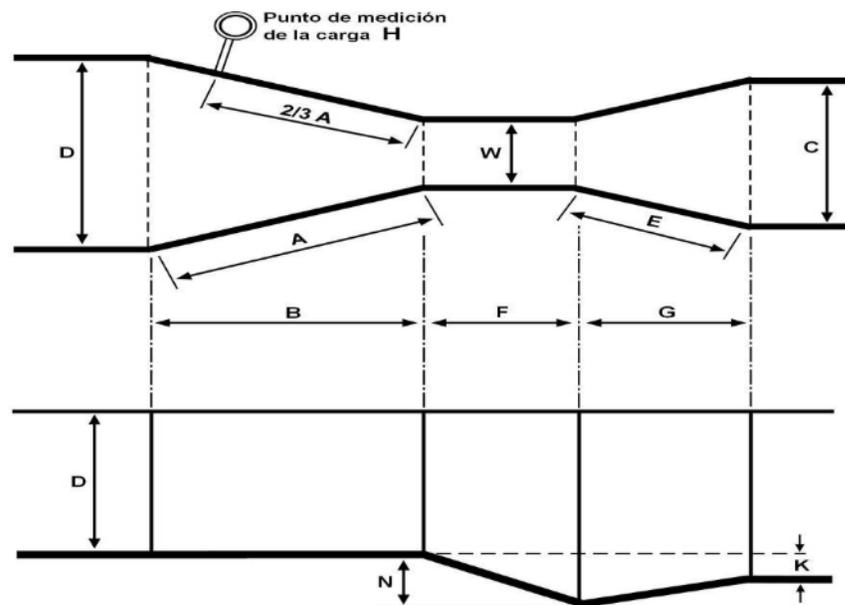
- Cloruro de metileno líquido 500ml
- Veracril acrílico líquido Autopolimerizable 500ml
- Veracril acrílico Autopolimerizable 250g
- Tubería PAVCO 3/4
- Tubería PAVCO 1"
- Conector para tanque 1"
- Conector para tanque 1/2"
- Adaptador macho PVC 1"
- Niple PAVCO 3/4
- Junta dresser 1"
- Tapón macho rosca 1/2
- Codo PAVCO 3/4"
- Pega Sold 300
- Válvula de bola 3/4PAVCO
- Cinta Teflón 3/4
- Angulo de hierro 1" x 1"
- Cabilla Cuadrada ½
- Electrodo E6013
- Spray Pintools Blanco
- Pintugama esmalte color blanco
- Anticorrosivo color gris
- Cable numero 12, 3m
- Interruptor simple

Se determinó la construcción de un dispositivo en forma de canaleta Parshall con garganta $W=1$ " pulg (2.5cm). Para ello se hace uso de las dimensiones típicas asignadas para este tipo de medidor que presenta el

manual de hidráulica, J.M de Azevedo y Guillermo Acosta las cuales se muestran en la siguiente tabla VII.

Tabla 7. Dimensiones típicas de medidor Parshall para 1" en cm

	W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1"	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9



Fuente: J. M. De Azevedo y Guillermo Acosta, Manual de Hidráulica 1976.

Se estableció un ancho de garganta de 1". Ya que, es el más indicado para ser construido y las condiciones que se estableció es que no ocupe mucho espacio y sea de fácil manipulación por cualquier estudiante de ingeniería. Además, será el de mejor desempeño para ser utilizado en los ensayos dentro de las prácticas del laboratorio de hidráulica.

Los medidores menos empleados son los de 1 pulg. (2.5 cm) de ancho de garganta y el mayor construido hasta hoy mide 50 pies (15.24 m) y tiene una capacidad para 85,000 l/s. Por lo tanto, las dimensiones del dispositivo a

construir son de 1" (2.5 cm) de ancho de garganta y el caudal estimado a circular a través de él, es de 0.09 l/s y 5.4 l/s.

4.3. Presentar los planos de ingeniería del dispositivo hidráulico, con el uso del software AutoCAD.

Según las dimensiones selecciona desde la canaleta Parshall que aparecen en el manual de hidráulica J.M de Azevedo y Guillermo Acosta G.se realizaron los siguientes planos con ayuda del software AutoCAD versión 2019 donde se pueden apreciar los detalles preliminares del dispositivo hidráulico.

La longitud de la canaleta es de 114,0 cm, su ancho en el tanque es de 16,7 cm y el grosor de sus paredes es de 5mm. En la figura 7 se puede apreciar el plano con vista en planta y el plano con vista de perfil del dispositivo, donde se detallan en cada sección, las dimensiones de sus alturas, longitudes y se evidencian sus cambios de pendiente.

- ✓ El tanque de alimentación es de 30,5 cm x 16,7 cm x 32,5 cm, es conveniente en la transición de entrada elevar el piso sobre el fondo original del canal con una pendiente de 1:4 (1 vertical y 4 horizontal) hasta comenzar la sección convergente, en esta sección el flujo obedece a una cámara de quietamiento en donde el flujo turbulento suministrado por la bomba se hace laminar al desbordarse por la sección convergente.

- ✓ En la sección convergente su longitud es de 35,6 cm, su altura es 30,0 cm y su anchura varia de 16,7 cm a 2,5 cm hasta la

garganta, por otro lado, tiene el punto de medición que se encuentra a $2/3$ (24,2 cm) de la sección convergente.

- ✓ En la garganta su longitud es de 7,6 cm, presenta una pendiente ascendente de 3.8 (3 vertical y 8 horizontal) y su ancho es de 2,5 cm hasta el inicio de la sección divergente.
- ✓ En la sección divergente, el piso sube nuevamente con pendiente de 1:6 (1 vertical y 6 horizontal), su longitud es de 20,3 cm y su anchura va desde 2,5 cm a 9,3 cm donde termina la estructura (ver figura 7).
- ✓ El tanque de almacenamiento y descarga es de 58.3 cm de ancho por 90cm y tiene una capacidad de 200 litros. Para más detalles del dispositivo ir a anexos.

4.4. Confeccionar el dispositivo hidráulico teniendo en cuenta pruebas de calibración del mismo.

Para la construcción del dispositivo hidráulico con $W=1"$ se realizó primeramente un prototipo en cartón, cinta adhesiva y silicón para verificar que las dimensiones de las piezas estuvieran correctas y así evitar algún error al momento de cortar la lámina de acrílico. También se verificó que la canaleta cumpliera con la función de medir el caudal en canales abiertos, y se observó el comportamiento del flujo.

Se agregó agua en el tanque de descarga por medio de la llave de paso y la misma tuvo un comportamiento de flujo turbulento por el cambio de pendiente en la transición de entrada se observa desplazándose de una

manera aleatoria, cuando pasa a la sección convergente el flujo paso hacer laminar, se observa de forma ordenada y suave, laminas paralelas sin entremezclarse y cuando pasa a la garganta se observa una corriente supercrítico es decir rápida y poca profunda, cambia súbitamente a subcritica en la sección divergente, se vuelve una corriente lenta, profunda y debido a esto se observa el resalto hidráulico.

4.4.1. Construcción del prototipo:

1. Se trazó en láminas de cartón las partes de la canaleta Parshall con $W=1"$, cumpliendo con las medidas que presenta el Manual de Hidráulica J.M de Azevedo y Guillermo Acosta G.
2. Inmediatamente se procedió al corte de las piezas, para cada sección del prototipo con ayuda de una cuchilla (ver fig. 8).



Figura 7. Corte de piezas.

Fuente: Autor.

3. Una vez que estuvieron todas las piezas listas del prototipo, se colocó silicón en barra para pegar cada una de las partes de la canaleta Parshall (ver fig. 9).



Figura 8. Pegado de piezas con silicón caliente.
Fuente: Autor.

4. Seguidamente se coloca cinta adhesiva para cubrir la superficie de cartón, evitando así filtraciones al momento de circular el agua (ver fig. 10).



Figura 9. Superficie cubierta con cinta adhesiva.
Fuente: Autor.

5. A continuación se observa el prototipo listo, para realizar el ensayo y se verifica que trabaje en óptimas condiciones (ver fig. 11).



Figura 10. Prototipo finalizado.

Fuente: Autor.

6. Finalmente se procede a suministrar la cantidad de agua requerida al tanque de alimentación para observar el comportamiento de la misma dentro del prototipo (ver fig. 12).



Figura 11. Prototipo en funcionamiento

Fuente: Autor.

4.4.2. Construcción del Canal Parshall según diseño descrito anteriormente:

El soporte del dispositivo en forma de canaleta Parshall se realizó en el taller de Don Nicolás, en la ciudad de Cantaura, estado Anzoátegui. Se entregaron las medidas del diseño al establecimiento y los materiales necesarios para su elaboración (ángulo de hierro 1" x 1", barra de hierro 1", electrodos E6013) quien se encargo del trazado y corte de las figuras con esmeril angular DEWALT. (Ver fig. 13).



Figura 12. Corte de ángulo de hierro 1" x 1"
Fuente: Autor.

Seguidamente se soldaron las piezas del ángulo 1"x1", los refuerzos de barra $\frac{1}{2}$ con electrodos E6013, lamina de metal de 105 cm de largo por 32 cm de ancho y se arma una sola pieza. La estructura de soporte del dispositivo tendrá de altura 85cm y de largo 105 cm (ver fig. 14).



Figura 13. Estructura de soporte, lista para usar
Fuente: Autor.

Al mismo tiempo, se seleccionó un tambor de hierro el cual se modificó y se utilizó de tanque de almacenamiento y descarga. Ya que no es necesario visualizar el comportamiento del agua que cae en el tanque y por ende solo se va a almacenar para luego pasar a llenar el tanque de alimentación (Ver fig. 15).



Figura 14. Tambor para tanque
Fuente: Autor.

A continuación, se le aplicó anticorrosivo color gris en la parte interna del tambor y pintugama esmalte color blanco en la parte de afuera. Una vez seca la pintura el tanque quedó listo para usar (ver fig. 16).



Figura 15. Tanque listo para usar
Fuente: Autor.

Por un lado, el corte de las piezas del dispositivo se realizó en el taller especializado de corte y grabado laser en el Palacio del Acrílico, de la ciudad de Cali, Colombia. Se entregaron las medidas del diseño al establecimiento, quien se encargó del trazado de las figuras con el programa CorelDraw 2021 (64-Bit), ver fig. 17.

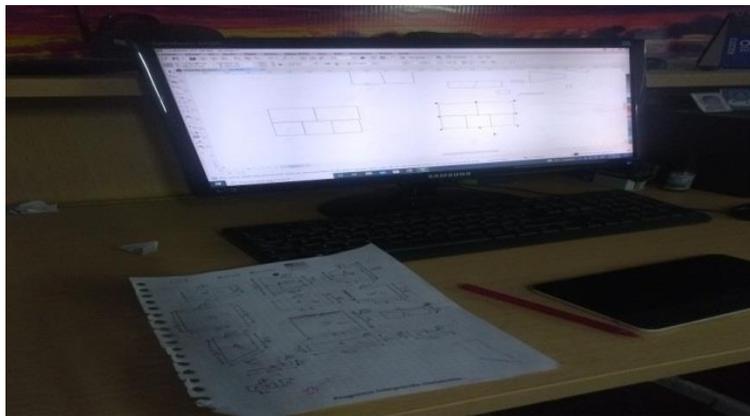


Figura 16. Trazado de figuras con CorelDraw 2021(64-Bit).
Fuente: Autor.

Ahora bien, mediante la maquina laser CO2 se procedió al corte de las piezas del canal Parshall en la lamina de acrílico, cumpliendo con las dimensiones establecida en el objetivo 2(ver fig. 18).

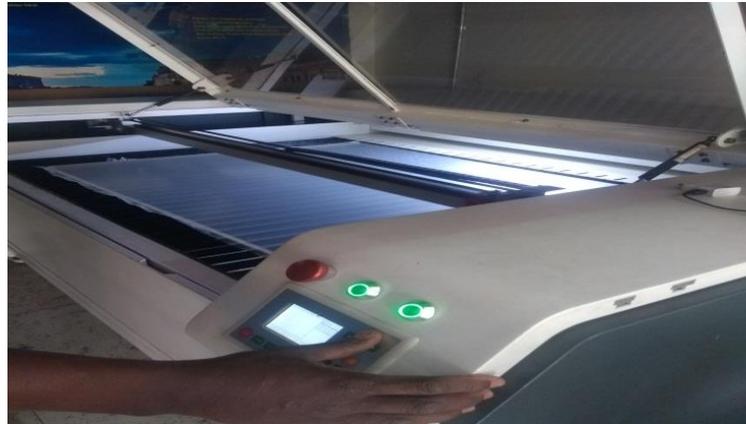


Figura 17. Corte de piezas de la canaleta Parshall
Fuente: Autor.

Posteriormente, se perforaron las paredes del canal Parshall mediante un taladro eléctrico, para ser unidas con barras roscadas de 3/8" y de este modo reforzar las paredes del dispositivo (ver fig. 19).



Figura 18. Perforado de paredes de la canaleta Parshall.
Fuente: Autor.

Por otra parte, el ensamble fue en la ciudad de Cantaura estado Anzoátegui se unieron las piezas con cloruro de metileno líquido. Además, se procedió a colocar Veracril líquido y Veracril en polvo en la unión de las piezas. Ya que, se requiere fijar y sellar las paredes por ambos lados para no tener filtración (ver fig. 20).



Figura 19. Unión de piezas del dispositivo.

Fuente: Autor.

Seguidamente se unieron las paredes del canal Parshall con barras roscadas de 3/8" y se aseguraron con roldanas 3/8", con empaque 3/8" y tuercas 3/8". Todo en acero galvanizado, para reforzar las paredes del dispositivo (ver fig. 21).



Figura 20. Refuerzo de paredes con barras roscadas

Fuente: Autor.

Finalmente se colocó la regla graduada en cm a $2/3$ (24.2 cm) de la sección convergente del canal, para la toma de altura al realizar los ensayos y al mismo tiempo se procedió a instalarla canaleta Parshall sobre la estructura de soporte. (Ver fig. 22).



Figura 21. Instalación de la canaleta Parshall.

Fuente: Autor.

4.4.3. Calibración del dispositivo

Luego de instalar el canal Parshall, se verifica que el tanque de almacenamiento se encuentre lleno previo a poner en funcionamiento la bomba que suministrará el agua que circulará a través de la canaleta Parshall para realizar los ensayos (ver fig. 23).



Figura 22. Canal Parshall listo para ensayar
Fuente: Autor.

Por ende, se procede a suministrar la cantidad de agua requerida por medio de la llave que controla el flujo en el sistema y se toman 4 lecturas en las escalas, graduadas en cm ubicadas en la sección convergente (H_a) y la sección divergente (H_b) del medidor Parshall. Empezando a tomar alturas pequeñas en H_a hasta llegar a la más alta, al tomar H_a se procede a tomar el valor de H_b . Esperando un tiempo prudencial entre cada lectura para que la altura que indica la escala estabilice y así obtener medidas precisas. Para cada lectura se realizan dos aforos volumétricos en el tanque de almacenamiento que se encuentra al final de la canaleta utilizando un cronometro para la toma de tiempo de llenado (ver fig. 24).



Figura 23. Canal Parshall en funcionamiento.

Fuente: Autor.

Luego de tomar las lecturas de volumen y tiempo para cada una de las 4 diferentes alturas que marca la escala graduada en cm, situada en la sección convergente H_a (aguas arriba) y en la sección divergente H_b (aguas abajo) del canal Parshall se obtiene los datos que se presentan a continuación:

Tabla 8. Datos obtenidos en el ensayo

H_a (cm)	H_b (cm)	t_1 (s)	Vol1 (l)	t_2 (s)	Vol2 (l)
1.5	0.7	7.69	0.72	7.43	0.6
2.5	1.0	6.09	1.27	6.32	1.33
3.5	1.7	5.31	1.70	5.36	1.85
4.1	2.4	5.32	2.36	5.64	2.46

Fuente: Autor.

Determinar grado de sumergencia, qué no es más que el valor de H_b entre h_a , tal como se indica en la ecuación para verificar de que manera está trabajando la canaleta Parshall. Ya que puede ser a descarga libre o ahogada, Es por ello que es necesario tomar correctamente los valores de H_a y H_b en el aforador y hacer la relación ente ellos.

$$S = H_b / H_a \quad \text{Ecuación 3}$$

$$S = 0.7 / 1.5 = 0.4$$

Tabla 9. Resultados de sumergencia

Ha (cm)	Hb (cm)	S= Hb/Ha (cm)
1.5	0.7	0.4
2.5	1.0	0.4
3.5	1.7	0.4
4.1	2.4	0.5

Fuente: Autor

Se dice que la canaleta Parshall trabajaba con descarga libre si la sumergencia es menor o igual a 0.5 y en caso contrario trabaja ahogada (ver tabla V. Diseño estándar de aforadores Parshall. IMTA). Comparando los resultados obtenidos de sumergencia en la tabla IX con la tabla V de diseño estándar de aforos Parshall, IMTA. Se dice que la canaleta trabaja con descarga libre, ya que el resultado es menor a 0.5

Encontrar los caudales para cada lectura con los datos tomados en la tabla VIII, para ello se utiliza el método volumétrico, dividiendo el volumen entre el tiempo de llenado, esto se realiza para cada una de las dos lecturas tomadas y luego se calcula el promedio de ambos para determinar el caudal real para cada altura de carga medida.

Ejemplo:

$$Q_{aforo1} = V_1 / t_1 = 0.72 / 7.69 = 0.09 \text{ l/s}$$

$$Q_{aforo2} = V_2 / t_2 = 0.6 / 7.43 = 0.08 \text{ l/s}$$

Con estos dos caudales parciales se procede a calcular el promedio, obteniendo el caudal real, el cual servirá para compararlo con el caudal obtenido con la fórmula generada por el canal Parshall ensayado.

$$Q_r = (Q_{aforo1} + Q_{aforo2}) / 2 = (0.09 + 0.08) / 2 = 0.08 \text{ l/s}$$

Para mayor rapidez y precisión de los cálculos se utiliza la hoja electrónica de Excel, quedando de la siguiente forma:

Tabla 10. Caudales reales

Ha (cm)	Qaforo1= (l/s)	Qaforo2= (l/s)	Qr= (l/s)
1.5	0.09	0.08	0.08
2.5	0.20	0.21	0.20
3.5	0.32	0.34	0.33
4.1	0.44	0.43	0.43

Fuente: Autor

Como se indico anteriormente la ecuación general para encontrar el caudal que fluye a través del canal Parshall es de tipo exponencial:

$$Q = K H^n$$

Ec. General

De donde se conoce el valor de "H", que es la altura del agua indicada en la escala del canal, por lo que es necesario encontrar los valores de "K" y del exponente "n"

Aplicando logaritmo a la ecuación general se tiene:

$$\text{Log } Q = \text{log } K + n \text{ log } H$$

Ordenando la ecuación de la siguiente forma se obtiene la ecuación de una recta, sustituyendo los términos como se indica:

$$\text{Log } \mathbf{Q} = \mathbf{n} \text{ log } \mathbf{H} + \text{log } \mathbf{K}$$
$$\mathbf{Y} = \text{log } \mathbf{Q}$$

$$\mathbf{m} = \mathbf{n}$$

$$\mathbf{X} = \text{log } \mathbf{H}$$

$$\mathbf{b} = \text{log } \mathbf{K}$$

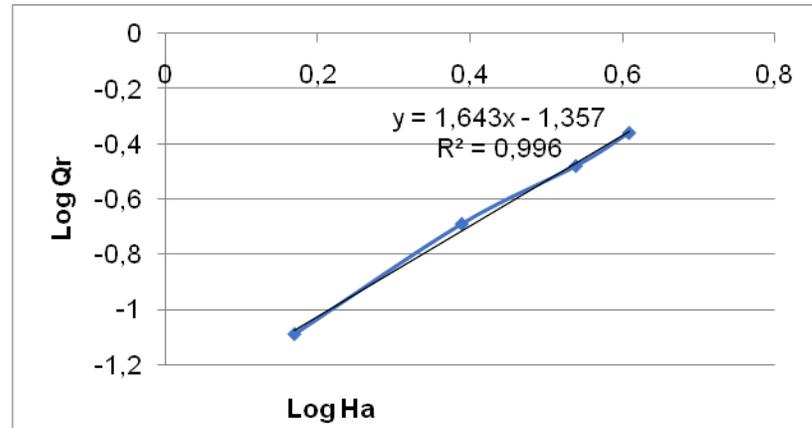
Luego se calculan los algoritmos de los caudales reales calculados y de las alturas tomadas en el ensayo. Esto con el uso de la hoja electrónica Excel.

Tabla 11. Logaritmo de "Ha" y "Qr"

Ha (cm)	Qr (l/s)	Log Ha	Log Qr
1.5	0.08	0.17	-1.09
2.5	0.20	0.39	-0.69
3.5	0.33	0.54	-0.48
4.1	0.43	0.61	-0.36

Fuente: Autor

Con los logaritmos ya calculados se procede a graficar los valores obtenidos, definiendo en el eje "X" el valor de los logaritmos de "H" y en el eje "Y" el de los logaritmos de "Qr". Luego se genera una línea de tendencia al igual que la ecuación de la grafica generada, en este caso el de una recta de la siguiente forma:



Gráfica 1. Logaritmo de "Ha" y "Qr"

Como muestra la grafica anterior, la ecuacion generada por la linea de tendencia es la de una recta de la forma:

$$Y = 1,643 X - 1,357$$

Sustituyendo valores: $\log Q = 1,643 \log H - 1,357$

Según lo establecido anteriormente se puede deducir el valor $n = 1,643$

También de la misma ecuación se calcula el valor de "K"

$$K = \log^{-1}(-1,357) = 0,043$$

Sustituyendo valores en la ecuación general se obtiene la ecuación generada específica para este canal Parshall con garganta $W = 1$ pulg (2.5cm).

$$Q_{\text{generado}} = 0,043 H^{1,643} / s$$

Donde: $Q_{\text{generado}} = l/s$

H = cm

4.4.4. Comparación de los resultados obtenidos experimentalmente con los de la forma teórica

Al haber encontrado la ecuación generada para el canal, se procede a calcular con ella los valores de los caudales para cada una de las cinco lecturas ensayadas y luego se comparan con los caudales reales obtenidos por el método volumétrico, al mismo tiempo que se calcula el porcentaje de error que existe entre cada uno de los caudales comparados.

$$\% \text{ Error} = \frac{Q_{\text{generado}} - Q_r}{Q_r} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Q_{generado}

Tabla 12. Comparación de caudales reales y generados con ecuación calibrada

H (cm)	Q _r (l/s)	Q generado (l/s)	Error (%)
1.5	0.08	0.08	0
2.5	0.20	0.19	-5.26
3.5	0.33	0.33	0
4.1	0.43	0.43	0

Fuente: Autor

Con base en los resultados obtenidos y de los porcentajes mínimos de error encontrados, se puede afirmar que la ecuación generada que se obtuvo para este canal Parshall es precisa y confiable.

Para efecto de comparación de caudales, también se puede encontrar el caudal teórico utilizando los coeficientes **K** y **n** para el sistema métrico, indicados en la tabla III, extraída del Manual de hidráulica.

$$Q_{\text{teórico}} = K H^n$$

Sustituyendo valores de coeficientes indicados en tabla V y haciendo la conversión para obtener valores de caudal en l/s:

$$Q_{\text{teórico}} = 0.0604 * (H / 100)^{1.55} * 1000$$

$$Q_{\text{teórico}} = 0.0604 H = \text{l/s}$$

$$Q_{\text{teórico}} = 0.0604 * (0.015)^{1.55} * 1000$$

$$Q_{\text{teórico}} = 0.08 \text{ l/s}$$

Al hacer la comparación se puede observar que los valores varían en un mínimo porcentaje, con lo cual se concluye que los tres métodos son confiables y se puede hacer uso para encontrar caudales como son:

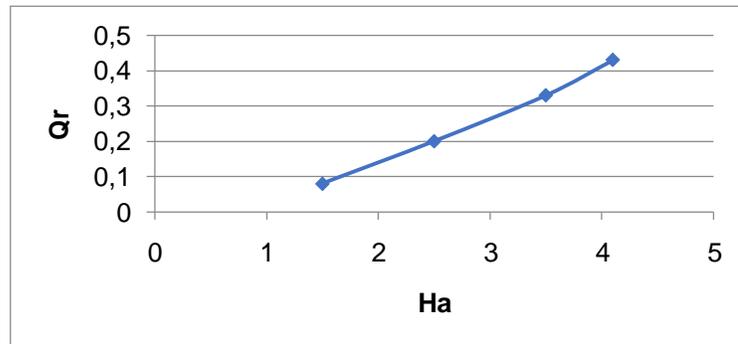
1. Método volumétrico
2. Método con ecuación generada
3. Método con ecuación teórica (coeficientes TABLA V)

Tabla 13. Comparación de caudales

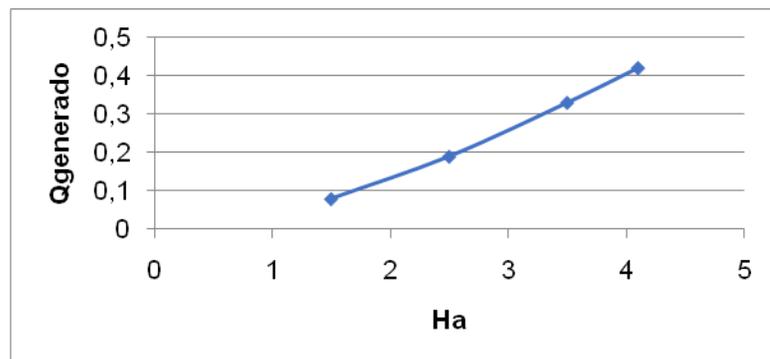
Ha (cm)	Qr (l/s)	Qgenerado (l/s)	Qteórico (l/s)
1.5	0.08	0.08	0.08
2.5	0.20	0.19	0.19
3.5	0.33	0.33	0.33
4.1	0.43	0.43	0.42

Fuente: Autor

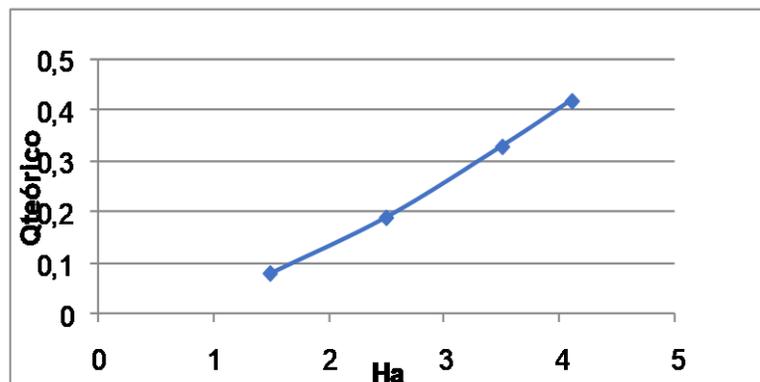
Por último, se generan las graficas que compara los tres caudales encontrados, en la cual se puede visualizar que entre ambos existe muy poca variación



Grafica 2. Ha vs Qr



Grafica 3. Ha vs Qgenerado



Grafica 4. Ha vs Qteórico

4.5. Elaboración de guías de uso y mantenimiento del dispositivo, correspondiente a la práctica Canaleta Parshall.

4.5.1. Instructivo para el correcto uso del dispositivo en forma de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura estado Anzoátegui.

Ir anexos

4.5.2. Practica de laboratorio “CANALETA PARSHALL”.

Ir anexos

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

1. El canal Parshall es un medidor de caudal que presenta la ventaja de ser fabricado de diversos materiales: fibra de vidrio, acrílico, laminas de acero o fabricados en sitios de mampostería como ladrillo, bloques de concreto o fundidos con concreto reforzado.
2. Los de mayor tamaño son fijos y construidos con obras de albañilería, mientras que los más pequeños son móviles y se construyen de diferentes materiales
3. Existen varias formulas, coeficientes y tablas para designar valores de caudales para determinadas dimensiones de gargantas de canales Parshall, pero se determinó que es más confiable y preciso encontrar la ecuación propia para cada uno que se construya, con base a la calibración experimental de los mismos y obtener porcentajes de error menores al 5 %
4. Los canales Parshall también tienen las ventajas de necesitar una sola lectura o medida de carga para la toma de datos.
5. La medición del caudal se obtiene mediante tablas que estable el manual de hidráulica de Acevedo y acosta 1946, para cada tipo de aforador

6. Con la construcción de estos aforadores se logra una mejor distribución del agua y se podrá distinguir las aguas provenientes de los diferentes sistemas de riego.
7. Se podrán controlar los caudales suministrado a cada sistema de riego

5.2. Recomendación

1. Cuando se proceda a tomar lecturas de carga Ha en canal Parshall se debe esperar a que se establezca el flujo de agua en el canal para obtener medidas precisas.
2. Los caudales son apropiados para regular y medir caudales que trasladen desechos sólidos
3. Efectuar un mantenimiento periódico a la canaleta Parshall utilizada en los ensayos de laboratorio a efectos de obtener medidas precisas y confiables
4. Se debe tener mucho cuidado al momento de tomar medidas. ya que, si no esto afectaría la precisión de las formulas, dando resultados no confiables

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Psychological Association. (2009). *Publication, Manual of the American Psychological Association*. (6th Ed.). Washington, D.C.: American Psychological Association.
- ASTM D1941-91 “*Standard Test Method for Open Channel Flow Measurement of Water with the Parshall Flume*”. New York: American National Standard, 2001.
- APA (2001). *Publication Manual of the American Psychological Association*. (5ta ed.). Washintong, DC: Autor.
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación*. (6ta Edición.). Caracas: Episteme.
- Arias F, 2012. *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica*. 6ta Edición, Editorial Episteme, C.A. Caracas. República Bolivariana de Venezuela.
- BermeoTisoy, V. A., Restrepo Montoya, C., & García Camacho, H. (2010). *Diseño Canaleta Parshall*. Armenia: Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío.
- Bos, M., Replage, J., & Clemmens, A. (1986). *Aforadores de caudal para canales abiertos*. Wageningen, the Netherlands: International Instituto For Land Reclamación and Improvement ILRI,.
- Cedeño, M y Guzmán, R. (2018). *Diseño de un equipo de descarga por Orificio, para el laboratorio de hidráulica*. Universidad de Oriente núcleo Anzoátegui Extensión Cantaura, Venezuela.
- Clow, V. (2004). *Hidráulica de canales abiertos*. (2da ed.). España: McGraw-Hill.
- Chow, V.t., & Saldarriaga, J.G.(1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santa fé de Bogotá, Colombia: McGraw Hill. Obtenido de Hidráulica de Canales Abiertos.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Sistemas de medición del agua: Producción, operación y consumo*. (9th ed.). México.

- De Azevedo, J y Acosta A. (1976). *Manual de Hidráulica*. 6°ed. México: Harla 1976
- Díaz, M y Segnini, E. (2016). *Construcción de un equipo hidráulico para el estudio de descarga por vertedero y resalto hidráulico*. Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui Extensión Cantaura, Venezuela.
- González, E.P. (2001). *Canal Parshall*. México: Comisión Nacional del Agua, CNA.
- Gutiérrez, G. E. (2007). *Laboratorio de hidráulica de Canales*. FAVE Sección Ciencias Agrarias.
- Gutiérrez, M.A. (2008). *Cálculos Hidráulicos*. España: EOI
- Ingenieros Asociados de Control, S.L. (s.f.). *Canal Parshall I.A.C S.L.- Instrucciones de Montaje-*.
- ISO 9826:1992. "Measurement of liquid flow in open channels-Parshall and Saniiri flumes". Genève: International organization for Standardization.
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos*. México: Pearson Educación de México.
- Molina, L (1988). *Manual de Diseño de Estructuras de aforo*. Obtenido de Repositorio IMTA, México.
- Murillo, H (1992). *Principios hidráulicos del funcionamiento del aforador Parshall en el canal principal Bagatzi*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Pedroza, E. IMTA y Juárez, R. CNA. (2001). *Manual Canal Parshall*. IMTA y de la Subdirección General de Administración del Agua de la CNA.
- Lux, M. (2010). *Medidores de flujo en canales abiertos*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Netto, A., Fernández, M., & Fernández, R.d (2015). *Manual de hidráulica*. (9th Ed.). Sao Paulo: Edgar Blucher.
- Mataix, C. (1986). *Mecánica de los fluidos y maquinas hidráulicas*. (2d° ed.). Algete, Madrid: ediciones del Castillo S.A
- Sotelo, G. (1991). *Hidráulica General. Volumen 1. Fundamentos*. Vigésimo primera reimpresión. México, D.F.: Editorial Limusa.

Villon, M (2007). *Hidráulica de Canales*. Costa Rica: Tecnología de Costa Rica.

Villon, M. (2007). *Hidráulica de canales abiertos*. (2da ed.). España: Mc Graw+Hill.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	“CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVO EN FORMA DE CANALETA PARSHALL PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UDO EXTENSIÓN CANTAURA, ESTADO ANZOÁTEGUI”
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Yenny Agostini	CVLAC	19.312.985
	e-mail	elenaagostini91@gmail.com
	e-mail	
Mairobis Velásquez	CVLAC	21.329.950
	e-mail	mairobisvelasquez7@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Cana
flujo en canales
canal parshall
punto de medición
hidráulica
hidrometría
método volumétrico
medición del agua

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sub-líneas de investigación:

Área	Subárea
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas	
	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

Resumen

El objetivo principal de esta investigación consistió en la construcción de dispositivo en forma de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la UDO extensión Cantaura, estado Anzoátegui, con la finalidad de brindar a los estudiantes de Ingeniería Civil una mayor comprensión al visualizar su funcionamiento bajo condiciones reales en el momento de realizar estudios correspondientes a la práctica, esto como complemento a los conocimientos adquiridos de forma teórica y por otro lado contribuir con la dotación del laboratorio. Para ello fue necesario recopilar toda la información sobre el tema, realizar un estudio de los materiales existentes en la zona, las dimensiones y de este modo se elige el más indicado. Seguidamente se realizan los planos para su diseño utilizando AutoCAD 2019, se procedió a la construcción e instalación con el fin de realizar las pruebas de calibración. Finalmente, se seleccionó la guía de uso y mantenimiento que permiten realizar las prácticas correspondientes del dispositivo.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail									
Ing. Anabel González	ROL	CA		AS	X	TU		JU		
	CVLAC	16.573.233								
	e-mail	gonzalez85anabel@gmail.com								
	e-mail									
Ing. Daniel Cabrera	ROL	CA		AS		TU		JU		
	CVLAC	17.421.606								
	e-mail	danielcabrera.udo@gmail.com								
	e-mail									
Ing. Gabriel Velásquez	ROL	CA		AS		TU		JU		
	CVLAC	20.741.728								
	e-mail	gvelasquezcenteno@gmail.com								
	e-mail									

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	03	13

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
PG-TesisYenny&Mairobis.WORD	Application/word

Alcance:

Espacial: UNIVERSAL

Temporal: INTEMPORAL

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería y Ciencias Aplicada

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Extensión Cantaura

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 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 N° 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.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNTELE
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *[Firma]*

FECHA 5/8/09 HORA 5:30

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
SECRETARIA

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 Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

Yenny Elena Agostini Arriojas

AUTOR

Velásquez Muñoz Mairobis Josefina

AUTOR

Prof. Anabel González

TUTOR