Definición De Nuevas Medidas Para El Canal Experimental Del River Surveyor M9 Y Creación Interactiva De Su Manual

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

BOGOTÁ D, C

2023

Definición De Nuevas Medidas Para El Canal Experimental Del River Surveyor M9 Y Creación Interactiva De Su Manual

ANA SOFIA CAMARGO CASTILLO

20171081056

MARIA PAULA LOZANO LEON

20171081045

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos

DIRECTOR

RAFAEL EDUARDO LADINO PERALTA

Ingeniero Mecánico; Magister En Desarrollo Rural.; Especialización en Computación para la Docencia.; Especialización en Ecología Medio Ambiente y Desarrollo.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS

BOGOTÁ D, C

2023

Agradecimientos

En primer lugar, les agradecemos a nuestros padres que siempre nos han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos nuestros objetivos tanto personales como académicos. A nuestros compañeros por el tiempo compartido y los conocimientos ofrecidos, le agradecemos a nuestro director de proyecto Eduardo Ladino por el tiempo, la confianza y los conocimientos brindados que nos ayudaron a poder desarrollar este proyecto, al profesor Helmut Espinosa por su apoyo, colaboración y enseñanza, y en especial a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por proporcionarnos las herramientas necesarias para poder desenvolvernos como personas y profesionales.

Tabla de contenido

Resumen 8

Abstract 9

Introducción 10

Planteamiento del problema 11

Justificación 12

Objetivos 13

1.1 General 13

1.2 Específicos 13

Marco Referencial 14

Marco Conceptual 14

Marco Geográfico 48

Marco Normativo 49

Proceso metodológico 50

Fases metodológicas 51

Resultados 53

Conclusiones 58

Recomendaciones 59

Referencias Bibliográficas 60

Índice de tablas

Tabla 1..... 15

Tabla 2..... 17

Tabla 3..... 35

Tabla 4..... 42

Tabla 5..... 43

Tabla 6..... 46

Tabla 7..... 49

Tabla 8..... 56

Tabla 9..... 56

Índice de Figuras

Figura 1 17

Figura 2 17

Figura 3 18

Figura 4 19

Figura 5 20

Figura 6 20

Figura 7 21

Figura 8 22

Figura 9 23

Figura 10 25

Figura 11 25

Figura 12 27

Figura 13 28

Figura 14 29

Figura 15 29

Figura 16 30

Figura 17 31

Figura 18 31

Figura 19 32

Figura 20 33

Figura 21 34

Figura 22 40

Figura 23 41

Figura 24 41

Figura 25 48

Figura 27 49

Figura 28 51

Figura 29 54

Figura 30 54

Figura 31 54

Figura 32 55

Figura 33 55

Figura 34 55

Figura 35 55

Figura 36 57

Resumen

La presente pasantía interna se realizó con el propósito de establecer unos nuevas medidas para el diseño del canal experimental ya construido teniendo en cuenta que este presentó falencias en cuanto a la generación de turbulencias, interferencias que originaron la presencia de vórtices, altos niveles de ruido y exceso en la presión generada por la bomba, entre otras, adicional a esto, llevar a cabo la creación de una herramienta virtual que brinde más didacticismo y complemente las guías ya diseñadas para las prácticas de laboratorio adicional evaluar la funcionalidad de la guía ya diseñada. Para el desarrollo de este trabajo se tuvo en cuenta los mínimos operativos del dispositivo M9 y se realizó una visita teórico práctica al nuevo laboratorio de servicios públicos donde se dimensionó las medidas del antiguo canal y así mismo las del espacio donde este se encuentra actualmente, finalmente con esta información recolectada y haciendo una revisión teórica sobre diseño de canales artificiales, se establecieron las nuevas medidas del canal concluyendo así que con estos ajustes al efectuar una nueva construcción del mismo en un futuro puedan ser solventados los inconvenientes presentados, así como también se creó una página web basada en el Manual de protocolo del equipo Riversurveyor de Sontek -M9 que muestra de forma más interactiva el paso a paso para poder ensamblar cada uno de los componentes del equipo M9 para su correcto funcionamiento y que además recopila toda la información necesaria para el óptimo desarrollo de las prácticas de laboratorio.

Palabras clave: Canal, Web, Dispositivo, Pagina, M9.

Abstract

This internal internship was carried out with the purpose of establishing new measures for the design of the experimental channel already built, taking into account that it presented flaws in terms of turbulence generation, interferences that originated the presence of vortices, high noise levels and excess pressure generated by the pump, among others, in addition to this, to carry out the creation of a virtual tool that provides more didacticism and complements the guides already designed for the laboratory practices, besides evaluating the functionality of the guide already designed. For the development of this work, we took into account the operating minimums of the M9 device and made a theoretical and practical visit to the new public services laboratory where the measurements of the old channel and the space where it is currently located were sized, finally with this information collected and making a theoretical review on artificial canal design, the new canal measurements were established, thus concluding that with these adjustments to make a new construction of the same in the future can be solved the problems presented, as well as a web page was created based on the protocol manual of the Sontek Riversurveyor -M9 equipment that shows in a more interactive way the step by step to assemble each of the components of the M9 equipment for its correct operation and also collects all the necessary information for the optimal development of the laboratory practices.

Keywords: Channel, Web, Device, Page, M9.

Introducción

Es importante enfatizar que la formación de un Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos debe estar sustentada en elementos fácticos que les permitan demostrar la veracidad de sus investigaciones en base a sus aprendizajes teóricos, por esto se pretende que las prácticas de laboratorio se asemejen lo máximo posible a la realidad, para que de la misma forma se adquieran conocimientos para el manejo de las nuevas tecnologías satelitales y principios del Efecto Doppler que se encuentran resaltados a partir del equipo ADCP (Acoustic Doppler Profiler) M9 para medición de caudales, teniendo en cuenta la gran importancia de ese factor para la preservación y conservación de las fuentes hídricas y así mismo se creen incentivos que fortalezcan la innovación en herramientas de aprendizaje a través de un campo simulado. Se ha venido trabajando en la utilización de nuevas tecnologías para facilitar el proceso de medición de caudales que marquen una evolución en los métodos utilizados (generalmente artesanales) que permitan manejar el nebuloso panorama de la reducción de las fuentes hídricas en Colombia y el mundo; Actualmente el Laboratorio de Servicios Públicos cuenta con un instrumento para tal fin, al cual se le hizo una guía de laboratorio y se creó un banco de pruebas para hacer su respectiva simulación.

Este trabajo pretende proponer las nuevas medidas para en un futuro realizar el diseño de un nuevo modelo de canal realizando el cambio en estas para el uso simulado del equipo M9 debido a las distintas falencias que presentó el modelo anterior con el fin de ampliar las perspectivas de conocimiento en cuanto al Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas y resaltar la importancia de la medición de caudales en cualquier campo de aplicación y formación; Para ello es necesario establecer los mínimos operativos del dispositivo y con esto establecer unas medidas funcionales de diseño para lograr un correcto uso del mismo y una óptima simulación,

además de crear un método más interactivo que les permita a los estudiantes una mejor accesibilidad a los materiales establecidos para poder desarrollar de forma óptima las prácticas de laboratorio y de la misma forma evaluar la guía ya realizada para analizar su funcionalidad y así mismo realizar los cambio pertinentes.

Planteamiento del problema

La hidrometría es fundamental para la preservación de la cuenca ya que debido al histórico de caudales que se logra obtener a partir de ésta se puede monitorear el estado en el que se encuentra la fuente hídrica y determinar el caudal ambiental requerido para mantener las funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas que proporcionan bienes y servicios a la sociedad; Existen diferentes métodos para la medición de caudales que en su mayoría son artesanales y sus resultados tienden a ser imprecisos por lo que no contribuyen a la solución de problemáticas que se han venido desarrollando fuentes hídricas en Colombia. Dicho esto, se hace indispensable la utilización de nuevas tecnologías que permitan obtener fácilmente resultados óptimos en la medición de caudales como herramienta base para solventar las consecuencias medioambientales de preservación que causan el inadecuado manejo del recurso hídrico. Una de las alternativas mencionadas es el equipo Riversurveyor de Sontek -M9 el cual se encuentra en el Laboratorio de Servicios Públicos por el cual se realizó un banco de pruebas en el que se pretendía hacer una simulación de un río para el uso del dispositivo y de la misma manera generar una guía práctica para estudiantes de carreras a fines dentro de la Universidad con el propósito de capacitarlos para prácticas en campo.

Los resultados obtenidos en la práctica experimental no fueron los esperados ya que se obtuvieron dificultades estructurales del canal lo que generó turbulencias, interferencias que originaron la presencia de vórtices, altos niveles de ruido y exceso en la presión generada por la bomba además de las distorsiones generadas en las paredes de este, lo que ocasionó que el modelo funcional matemático tuviese fluctuaciones severas en el rango del comportamiento del ruido.

Actualmente el laboratorio de Servicios Públicos solo cuenta con un manual en físico y una guía práctica, los cuales son complejos de interpretar por lo que dificulta el acceso y el desarrollo de las prácticas de laboratorio, limitando el tiempo de ejecución y la forma en la que los estudiantes adquieren el conocimiento.

Justificación

El presente proyecto aportará una alternativa de diseño y adecuación del nuevo canal de uso simulado para el equipo Riversurveyor de Sontek -M9 localizado en el Laboratorio de Servicios Públicos esperando que pueda darse la corrección de errores encontrados en su primera fase de experimentación y aportando consigo la optimización de prácticas estudiantiles dentro de la Universidad aumentando la capacidad de respuesta de un Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos ante situaciones que se presenten en un futuro campo laboral con el uso de las nuevas tecnologías.

El propósito a cumplir se basa en establecer unas nuevas medidas de diseño para el nuevo canal experimental que permitan en un futuro nuevamente su construcción para así poder determinar las diferentes variables a tener en cuenta para el correcto funcionamiento del mismo, con esto se pretende tener un modelo simulado de una fuente hídrica que a su vez brindaría una

ampliación del campo de conocimientos de los estudiantes empleando herramientas nuevas de aprendizaje en el área de medición de caudales, control, monitoreo y preservación de fuentes hídricas.

La realización de este trabajo está apoyada en el Manual de protocolo del Equipo "Riversurveyor de Sontek–M9" y la guía práctica de laboratorio diseñados por Yina López y Alejandra Vanegas con funcionamiento de tecnología satelital del Laboratorio de Servicios Públicos establecidos anteriormente sobre los que se harán las diferentes correcciones en cuanto a estructura del canal y de la guía realizados para mejorar la base experimental del dispositivo. Adicional se diseñará una página web que facilite el acceso al protocolo mencionado anteriormente y a la guía práctica creando así una experiencia más interactiva para todo aquel que desee y requiera hacer uso del mismo, todo esto con el apoyo del grupo de investigación PROGASP y el semillero desarrollo, ruralidad y municipio.

Objetivos

1.1 General

Establecer las nuevas medidas del canal experimental para el uso del dispositivo Riversurveyor de Sontek M9 en el laboratorio de servicios públicos.

1.2 Específicos

- Crear una herramienta web que permita una mejor accesibilidad al Manual de protocolos.

- Aplicar la guía práctica de laboratorio para poner a prueba su funcionalidad.
- Realizar una revisión práctica y teórica que permita definir las nuevas medidas del canal experimental teniendo en cuenta los criterios ya establecidos para el uso adecuado del dispositivo Riversurveyor de Sontek M9.

Marco Referencial

Marco Conceptual

Hidrometría

Es la parte aplicada de la Hidrodinámica que trata de los métodos de medición de la velocidad, el caudal y las fuerzas de los líquidos en movimiento. La hidrometría comprende también las mediciones de niveles de agua, concentración y transporte de sedimentos, y los levantamientos altimétricos de los perfiles longitudinal y transversal del cauce de las corrientes naturales y de masas de agua. (Pérez, 2005).

Caudal

Es la medida del volumen de líquido que fluye o atraviesa normalmente la sección transversal del cauce de una corriente, en la unidad de tiempo. Matemáticamente se expresa así:

$$Q = (\frac{Volumen\ del\ liquido}{Unidad\ de\ Tiempo})$$

El caudal se puede calcular fácilmente aplicando la ecuación de continuidad de masa así:

$$Q = vA$$

siendo

Q: Caudal de la corriente

v: Velocidad media del flujo en dirección perpendicular a la sección transversal

A: Área de la selección transversal del cauce.

Ecuación de Continuidad para cualquier fluido

$$\boldsymbol{\rho 1 A 1 v 1 = \rho 2 A 2 v 2}$$

La cantidad de fluido que pasa por un sistema por unidad de tiempo puede expresarse por medio de tres términos distintos:

Q: El flujo volumétrico, es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

W: El flujo en peso, es el peso del fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

M: El flujo másico, es la masa de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

(Mott, 2006)

Tabla 1

Tipos de flujos

Símbolo	Nombre	Definición	Unidades del SI.	Unidades del sistema E.U.
Q	Flujo Volumétrico	$Q = Av$	m^3/s	pie^3/s
W	Flujo en peso	$W = \gamma Q$	N/s	lb/s
M	Flujo Másico	$M = pQ$	Kg/s	$slugs/s$

Nota. Ecuaciones de los tipos de flujos. Recuperado de (Mott, R, 2006).

Medición de Caudales

La medición de caudal en canales es de gran utilidad en la toma de decisiones en la gestión y operación del uso de los recursos hídricos, en la ejecución de los programas de riego y en diversas actividades relacionadas con el manejo del agua, como, por ejemplo:

- Medición y control de la cantidad de agua entregada, o por distribuirse en una determinada unidad de riego
- Con el fin de conocer la disponibilidad del recurso hídrico en una determinada sección de control del cauce

Métodos y/o equipos de medición de caudales

Método de área-velocidad:

Este método consiste en la medición por separado de la velocidad del flujo y el área mojada de la sección transversal del conducto en un tramo seleccionado; multiplicando ambos parámetros se obtiene el volumen de agua que pasa por el canal en una unidad de tiempo.

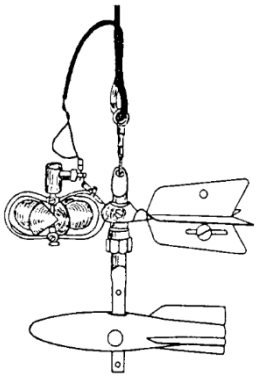
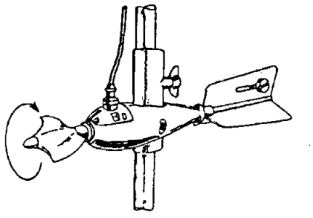
Dado que el caudal es función del área de la sección y la velocidad media del flujo, este procedimiento se basa en la determinación de estas variables. Este sistema de aforo es el de mayor uso y requiere que el flujo tenga un comportamiento laminar y que las líneas de flujo sean normales a la sección transversal de aforo. (Rojo, 2012).

En este método se pueden utilizar:

- **Molinetes:** Con el molinete se hacen mediciones de velocidad en distintos puntos de la vertical a medida que también se miden las diferentes profundidades con una barra o una sonda. Existen dos tipos de molinetes:

Tabla 2

Tipos de molinete

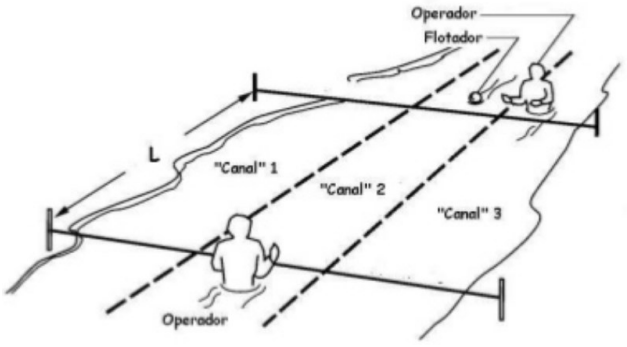
Molinete	Descripción
Figura 1 *Tipo taza cónica*  **Nota.** Tipo de Molinete. Recuperado de *Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra* [Figura]. Dussaubat & Vargas, 2005 http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/Guia_Aforo.pdf [2]	Este tipo de molinete gira sobre un eje vertical, opera en velocidades más bajas que los de eje horizontal. Los cojinetes están bien protegidos contra el agua fangosa y el rotor se puede reparar en el campo sin afectar la calibración y además utiliza un rotor único que sirve para toda la gama de velocidades[1].
Figura 2 *Tipo hélice*  **Nota.** Molinete tipo hélice. Recuperado de *Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra* [Figura]. Dussaubat & Vargas, 2005 http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/Guia_Aforo.pdf [2]	Este tipo de molinete gira sobre un eje horizontal, debido a la simetría axial con la dirección del flujo, el rotor perturba el flujo menos que los de eje vertical. Por la forma del rotor es menos probable que se enrede con los desechos que arrastre la corriente y tiene una cámara de contacto magnética que le permite una mejor respuesta a bajas velocidades[1].

Nota. Tipos de molinete y sus características. Adaptado de (Hernández, Guevara López , & Granados , 2018)[1]. (Dussaubat & Vargas, 2005)[2]

- **Flotadores:** Este método se utiliza cuando el uso de molinetes no es conveniente debido a velocidades o profundidades no adecuadas, cuando hay material en suspensión o cuando el tiempo de medición de caudal es muy corto. Se utilizan en el aforo de surcos, acequias, canales, ríos y diques. Durante la medición se registra el tiempo que tarda un pequeño flotador en recorrer una distancia conocida, el trayecto sobre un tramo recto y uniforme de corriente como flotador se puede utilizar una esfera de caucho, un trozo de madera, o un envase plástico tapado. (Briones & García, 1997).

Figura 3

Método Flotadores



Nota. Tipos de medición de caudales. Recuperado de *Escorrentía superficial* [Ilustración]. Coca, 2016 https://www.slideshare.net/RibBrian/11-escorrentia

Medición de caudal por el método volumétrico

Este método se aplica cuando la corriente presenta una caída de agua, en la cual se pueda poner un recipiente con volumen conocido. Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que pasa por la corriente. Se debe evitar la pérdida de agua en el momento de aforar. Se mide dividiendo el volumen de agua capturado (en litros) entre el tiempo de llenado del balde (en segundos). El recipiente se coloca bajo la corriente de tal manera que reciba todo el flujo de agua; al mismo tiempo se activa el cronómetro. En este proceso el cronómetro inicia en el instante en que el recipiente se introduce a la corriente y se detiene en el momento en que se retira de ella, o el balde se llena. Es importante cronometrar varios tiempos de llenado, para estimar un valor promedio. (Valencia et., 2014).

Figura 4

Método Volumétrico



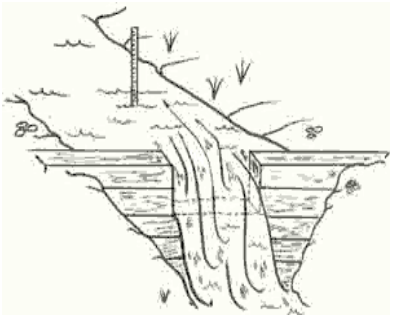
Nota. Método volumétrico. Recuperado de *Manual piragüero Medición del caudal* [Ilustración] Valencia et., 2014 https://piragua.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf

Medición con un wier:

Un Wier es tal vez la forma más precisa de medir el caudal en corrientes medianas y pequeñas. Toda el agua se dirige a través de un área que es exactamente rectangular, por lo que es muy fácil medir la altura y la anchura de la sección por donde pasa el agua y así poder calcular el caudal. Un Wier es un dique "temporal" con una puerta rectangular, donde la parte inferior de la ranura debe estar exactamente al mismo nivel, y la anchura de la puerta debe permitir que toda el agua pase a través de ella sin que se derrame el fluido sobre la parte superior de la presa. Una puerta estrecha aumentará la profundidad del agua a medida que pasa a través del dique, por lo que es más fácil de medir. (Canyon Hydro, 2020).

Figura 5

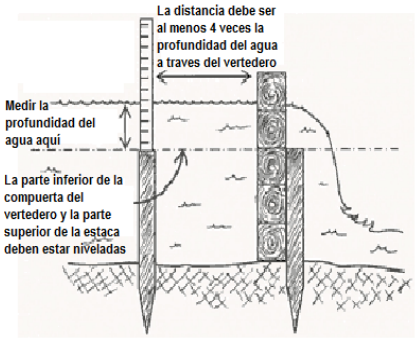
Canyon Hydro



Nota. Canyon Hydro. Recuperado de *Guía de hidroeléctricas* [Ilustración]. Guía para la generación de energía hidroeléctrica, s.f https://www.canyonhydro.com/guide_sp/HydroGuide10_sp.htm

Figura 6

Canyon Hydro lateral



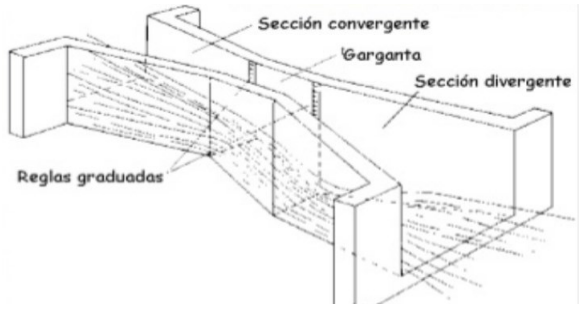
Nota. Canyon Hydro lateral. Recuperado de *Guía de hidroeléctricas* [Ilustración]. Guía para la generación de energía hidroeléctrica, s.f https://www.canyonhydro.com/guide_sp/HydroGuide10_sp.htm

Medidor parshall

Método ideado por Ralph Parshall (1920), el cual se utiliza en el aforo de canales y pequeños ríos, se recomienda para canales de riego de poca pendiente, en drenes, donde no es conveniente instalar estructuras como vertederos que alteren el régimen del escurrimiento. Es un dispositivo de gran exactitud para medir flujos en conductos abiertos, consta de una sección convergente, una garganta o sección estrecha y una sección divergente. (Alvarado et al., 2017).

Figura 7

Canaleta parshall



Nota. Explicación sobre canaleta parshall. Recuperado de *Escorrentía superficial* [Ilustración]. Coca, 2016 https://www.slideshare.net/RibBrian/11-escorrentia

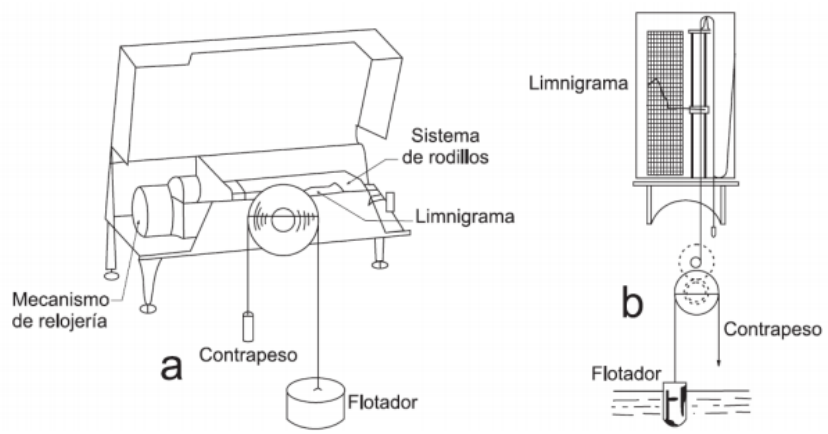
Limnígrafo mecánico

Es un equipo que registra continuamente los niveles de agua en el transcurso del tiempo y está conformado fundamentalmente por tres dispositivos: el primero corresponde al elemento sensible, que puede ser un flotador y contrapeso o un manómetro, el segundo es el sistema que traduce a escala y registra los niveles del agua (eje helicoidal, poleas de escala y mecanismo de registro), y el tercero proporciona una escala de tiempo, basado en un mecanismo de relojería y

alimentado mecánicamente (cuerda) o por medio de baterías (pilas de 6 voltios). (IDEAM, 2020).

Figura 8

Tipo de Limnígrafo



Nota. Explicación partes del Limnígrafo. Recuperado de *Análisis de incertidumbre relacionada a la extrapolación de curvas altura-caudal (h-q) e implementación de la técnica LSPIV para cuantificar caudales* [Ilustración]. Liendo, 2019 https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/14377/PS%20GERMAN%20revisi%C3%B3n%20ultTTT.pdf?sequence=1&isAllowed=y

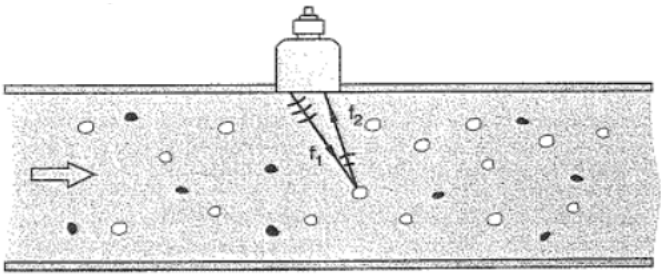
Efecto Doppler

Es un fenómeno por el cual la frecuencia del sonido percibido por un observador es diferente a la frecuencia realmente emitida por la fuente, ya sea debido al movimiento de la fuente y/o observador.

En el manejo de cuencas existen varios procedimientos para la medida de la velocidad del agua en continuo; Unos realizan la medida en un punto, otros en una banda, generalmente horizontal, y otros en una sección de la masa de agua circulante. A partir de este valor se calcula la velocidad media en la sección de medida, que, junto con el valor del nivel, permite el cálculo del caudal circulante por la estación de aforo. En el Efecto Doppler se logra a velocidad en un punto y se mide con un sensor que contiene un emisor-receptor y un microprocesador que la calcula mediante la emisión de trenes de ondas que se reflejan en las partículas circulantes en el agua y son seguidamente captados. El análisis de las frecuencias proporciona el dato de velocidad. El principio de medida es analógico, pero el sistema puede proporcionar una señal analógica o digital. (Eoi Escuela De Negocios, 2007).

Figura 9

Efecto Doppler



Nota. Demostración de cómo funciona el efecto Doppler. Recuperado de *Principios de medición de Flujómetros Ultrasónicos: efecto Doppler y tiempo de tránsito de la señal* [Ilustración]. Villajulca, 2010 *https://instrumentacionycontrol.net/principios-de-medicion-de-flujometros-ultrasonicos-efecto-doppler-y-tiempo-de-transito-de-la-senal/*

Riversurveyor de sontek-m9

El Riversurveyor es un sistema Perfilador Doppler Acústico (ADP)robusto, de alta precisión y programable específicamente diseñado para medir el caudal de los ríos, las corrientes

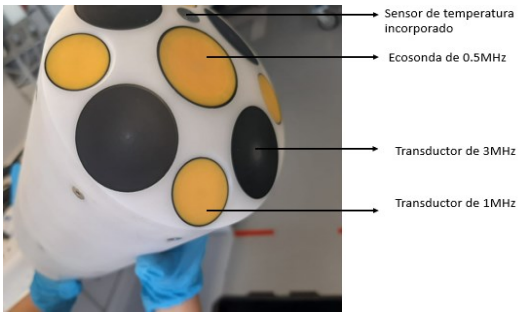
de agua en tres (3) dimensiones, calados, y la batimetría de una embarcación en movimiento o parada. El sistema Riversurveyor combina la instrumentación de perfilador de velocidad acústico Doppler, probada y de vanguardia, con un paquete de software basado en Windows que puede utilizarse en un ordenador personal (PC). El equipo Riversurveyor de Sontek M9 utiliza la tecnología satelital y el Efecto Doppler como soporte para su óptimo funcionamiento. El ADP M9 censa y perfila el río o cuerpo hídrico enviando la celda en forma de diamante a cada partícula de agua correspondiente en la vertical del mismo, siendo el ADP M9 el emisor, pero también un receptor de información. Posteriormente se comunica con el satélite, donde se realiza la corrección de (±3 cm de precisión). Estos datos de medición e información corregida son recibidos a 10 Hz por la estación base. La estación base envía nuevamente la información a 1 Hz a la embarcación no tripulada o al ADP M9 vía comunicaciones de espectro expandido; por otro lado, el operario da la orden de medición y recibe los datos con el software especializado donde procede al análisis de estos. (Moreno & Guzmán, 2016).

ADP M9

Este ADP portátil de (9) haces con un rango de perfil de velocidad de 0.2 a 30 m está diseñado para su uso desde embarcaciones en movimiento o estacionarias/dispositivos flotantes en canales poco profundos y muy profundos. El M9 tiene dos juegos de transductores de medición de velocidad, ambos en una configuración Janus: Cuatro transductores de 3.0 MHz y cuatro transductores de 1.0 MHz. Un haz acústico vertical de 0.5Mhz (ecosonda) proporciona datos de profundidad. (Moreno & Guzmán, 2016)

Figura 10

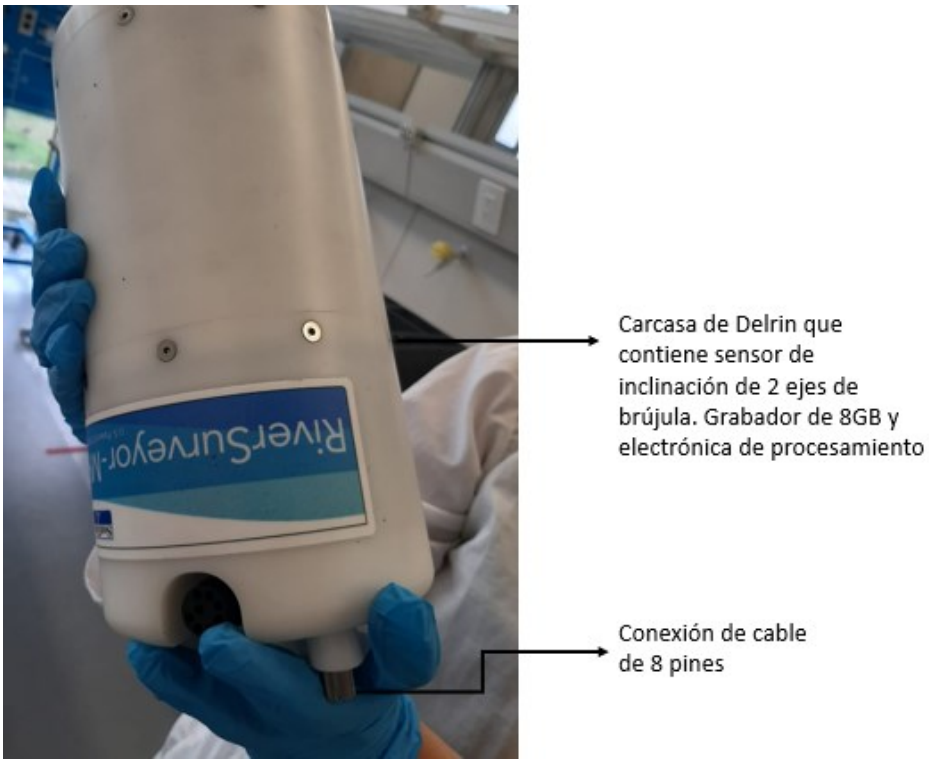
ADP M9 Haces de luz



Nota. Explicación de los sensores que componen el M9. Fuente, Autores [Fotografía].

Figura 11

Parte posterior ADP M9



Nota. Explicación de la parte lateral de los componentes del M9. Fuente, Autores [Fotografía].

Módulo de Alimentación y Comunicaciones (PCM GPS Rover)

Por medio de un cable se conecta al ADP M9, con el propósito de comunicar la información obtenida por el M9 con el PC, mediante enlaces de radio los cuales se iluminan para determinar la intensidad de la señal (Verde, azul, naranja o roja). (Moreno & Guzmán, 2016).

PCM GPS RTK

Esta opción tiene como función recibir los datos cinemáticos de la ubicación del ADP M9 obtenidos vía satélite y proporcionar las correcciones de su posición de ±3 cm en tiempo real y preciso. Estas correcciones son enviadas al ADP M9, almacenadas en su memoria interna y posteriormente remitidas al PC.

El GPS RTK actúa siempre y cuando se establezca el enlace con el número adecuado de satélites (8 mínimos), esto depende de las condiciones geográficas, ambientales y climatológicas del sitio donde se lleve a cabo la medición. Tiene un porta-baterías cada uno con dos pares de cuatro baterías para un total de 32 baterías individuales preferiblemente recargables, usados para alimentar los módulos de alimentación y comunicación. (Moreno & Guzmán, 2016).

Figura 12

GPS RTK



Nota. Explicación de cada parte del GPS RTK. Fuente, Autores [Fotografía].

Antena GPS

El sistema cuenta con dos antenas externas GPS de alta ganancia, es decir que pueden concentrar las señales que reciben y envían en una dirección específica. Estas antenas permiten la comunicación de los datos entre los satélites y los módulos de alimentación y comunicaciones (PCM). (Moreno & Guzmán, 2016).

Figura 13

Antena GPS



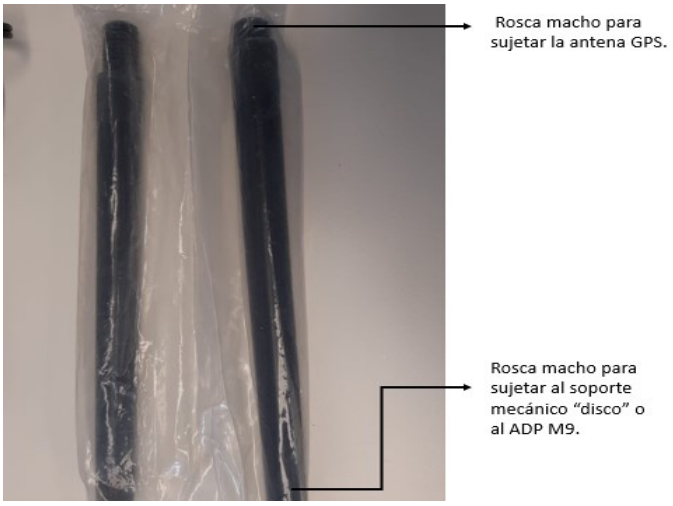
Nota. Demostración de una de las antenas GPS. Fuente, Autores [Fotografía].

Soporte mecánico "Mástil de aluminio"

El equipo cuenta con dos (2) unidades de este tipo de soporte; cuya función es darles la altura correspondiente a las antenas GPS y asegurar estas, ya sea al ADP M9 o al trípode para RTK, aparte tiene otro soporte en forma de disco que ayuda a fijar este soporte mecánico "mástil de aluminio" al trípode para RTK. (Moreno & Guzmán, 2016).

Figura 14

Mástil de Aluminio



Nota. Soportes de aluminio para las antenas GPS. Fuente, Autores [Fotografía].

Soporte mecánico "Pinza"

Este soporte se ubica en la estación base, se sujeta al soporte mecánico "mástil de aluminio" y en el otro extremo se ubica la antena radio receptor, dándole así la ubicación adecuada para enlazar la señal. También tiene un Soporte mecánico "Pinza de agarre para RTK" este soporte al igual que el anterior, se ubica en la estación base, manteniendo el PCM GPS RTK en posición para que realice sus funciones. (Moreno & Guzmán, 2016).

Figura 15

Pinza



Nota. Partes del soporte mecánico (pinza). Fuente, Autores [Fotografía].

Soporte mecánico "Pinza de agarre para RTK"

Este soporte al igual que el anterior, se ubica en la estación base, manteniendo el PCM. GPS RTK en posición para que realice sus funciones.

Figura 16

Pinza de agarre para RTK



Nota. Componentes del Soporte mecánico "Pinza de agarre para RTK". Fuente, Autores [Fotografía].

Antena radio receptor

El sistema cuenta con tres antenas radio receptoras, estas antenas reciben y transmiten las ondas de radio generadas por los módulos de alimentación y comunicación (PCM) al PC. Y tiene un Adaptador mini para antena de radio este artefacto se acopla a la conexión del PCM GPS Rover para permitirle a la antena radiorreceptor una mayor y mejor orientación. Adaptador de USB antena de radio al PC, este aparato tiene como función convertir la conexión de la antena radiorreceptor a una compatible con el PC, en este caso USB. (Moreno & Guzmán, 2016).

Figura 17

Antenas radio receptoras



Nota. Explicación de los componentes de las antenas radio receptoras. Fuente, Autores [Fotografía].

El equipo presenta dos softwares; el continuo live que permite un aforo para pasar el equipo en un movimiento continuo por una sección transversal y el estacionario que es un análogo del molinete.

Comunicación por Bluetooth: "Permite comunicación en el dispositivo y un PC, el máximo rango para este tipo de comunicación es 200 m. Con un dispositivo móvil 60m estas aproximaciones están calculadas para sitios despejados sin obstrucciones". (Martínez Rodríguez, 2019).

Figura 18

Comunicación por Bluetooth



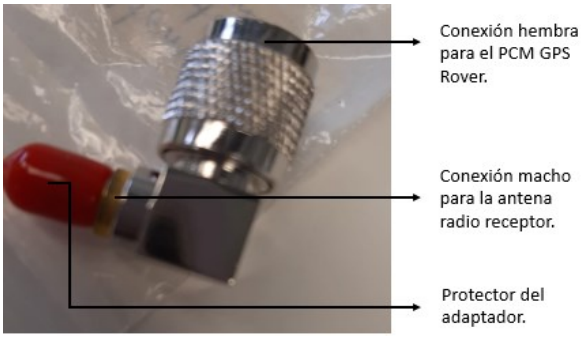
Nota. Partes del dispositivo para Comunicación por Bluetooth. Fuente, Autores [Fotografía].

Adaptador mini para antena de radio

Este artefacto se acopla a la conexión del PCM GPS Rover para permitirle a la antena radiorreceptor una mayor y mejor orientación.

Figura 19

Adaptador mini para antena de radio



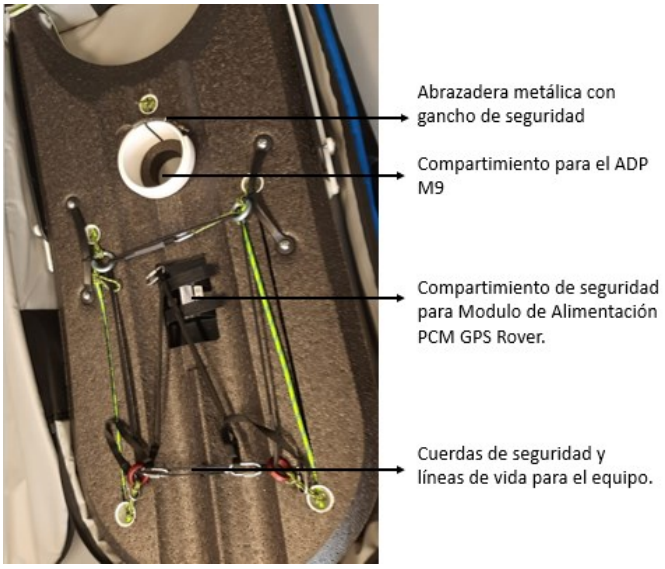
Nota. Partes del Adaptador mini para antena de radio. Fuente, Autores [Fotografía].

Sontek Hydroboard

El Hydroboard Sontek tiene soportes de instalación empotrables diseñados específicamente para ser usados con los sistemas ADP S5 y M9; Tiene dos hidro-aletas para proporcionar una mayor estabilidad. Hay dos soportes de remolque integrados cerca de la parte delantera y uno en la parte trasera para un tobogán de arrastre opcional para aumentar la estabilidad de la trayectoria del barco.

Figura 20

Hydroboard



Nota. Partes que componen el Hydroboard de Sontek. Fuente, Autores [Fotografía].

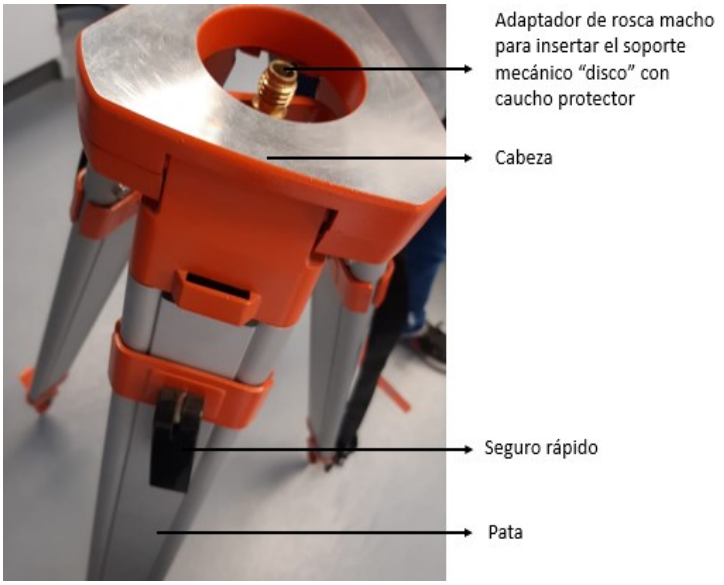
Tiene un compartimiento para el ADP M9, y tiene un gancho de seguridad el cual se inserta a la abrazadera metálica; tiene como función asegurar la abrazadera impidiendo su apertura mientras el equipo está en funcionamiento. El equipo cuenta con tres cables de estas características (dos cortos y uno largo) y permiten la transmisión de datos de información (cable de comunicación de 8 pines, cable de comunicación de 10 metros, cable Coaxial largo y corto, adaptador Serie RS232, adaptador 18 VDC) (Moreno & Guzmán, 2016).

Trípode para RTK

Este aparato hace parte de la estación base, permite sostener y estabilizar el PCM RTK y la antena GPS; se ubica a la orilla del cuerpo hídrico generalmente un río en una localización fija. (Moreno & Guzmán, 2016).

Figura 21

Trípode



Nota. Componentes del trípode para RTK. Fuente, Autores [Fotografía].

Tabla 3

Especificaciones del Riversurveyor de sontek-m9.

Medida de Velocidad	**Rango (Distancia)**	**0.06 m a 40 m**
	Rango (Velocidad)	±20 m/s
	Precisión	±0.2 cm/s
	Resolución	0.001 m/s
	Número de celdas	Hasta 128
	Tamaño de las celdas	0.02 m a 4 m
Configuración del transductor		Nueve (9)Transductores; 4 haces duales 3.0 MHz/1.0 MHz25° del eje vertical; 0.5 MHz haz vertical
Medida de profundidad	**Rango**	0.20 m hasta 80 m
	Precisión	1%
	Resolución	0.001 m
Medida del caudal	**Rango con Bottom-Track**	0.3 m hasta 40 m
	Rango con RTK GPS	0.3 m hasta 80 m
	Cálculos	Interna
Sensor de temperatura	**T (Grados Centígrados)**	-10° a 70° C
Peso ADP M9		2.3 kg

Nota. Mínimos operativos del dispositivo de Sontek. Recuperado de (Moreno & Guzmán, 2016, p. 11).

Canales Abiertos

Un canal abierto es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen un canal puede ser natural o artificial.

Canales abiertos naturales

Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta

quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes y estuarios de mareas. Las propiedades hidráulicas de un canal natural sueles ser muy irregulares. (Chow, 2004).

Canales abiertos artificiales

Los canales artificiales, son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canales de madera, así como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales.

Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras geométricas regulares. Cuando se diseñan rectangularmente se utilizan materiales estableces debido a sus lados verticales, como mampostería, roca, metal o madera. (Chow, 2004).

Flujo en canales abiertos

El flujo en canales abiertos siempre debe tener una “superficie libre” y es allí donde radica su diferencia con el flujo en tuberías. Las condiciones de flujo en canales abiertos se complican por el hecho de que la posición de la superficie libre puede cambiar con el tiempo y con el espacio, y también por el hecho de que la profundidad de flujo, el caudal y las pendientes del fondo del canal y de la superficie libre son interdependientes

En canales abiertos la superficie varía desde la correspondiente a lechos rugosos e irregulares en ríos. Además, la rugosidad en un canal abierto varía con la posición de la superficie libre. Por consiguiente, la selección de los coeficientes de fricción implica una mayor incertidumbre. (Chow, 2004).

Flujo Permanente

El flujo en Canales abiertos puede variar, esto depende de la profundidad del flujo con respecto al tiempo y espacio. El flujo es permanente si la profundidad de este no cambia o es constante durante el intervalo de tiempo. Este tipo de flujo se caracteriza porque las condiciones de velocidad de escurrimiento en cualquier punto no cambian con el tiempo, o sea que permanecen constantes con el tiempo o bien, si las variaciones en ellas son tan pequeñas con respecto a los valores medios. Así mismo en cualquier punto de un flujo permanente, no existen cambios en la densidad, presión o temperatura con el tiempo, es decir. Dado al movimiento errático de las partículas de un fluido, siempre existen pequeñas fluctuaciones en las propiedades de un fluido en un punto, cuando se tiene flujo turbulento. (Ingeniería Civil, 2011).

$$\frac{\delta y}{\delta t} = 0; \quad \frac{\delta v}{\delta t} = 0; \quad \frac{\delta A}{\delta t} = 0$$

Para cualquier flujo el caudal se expresa por

$$Q=VA$$

Donde V es la velocidad media del flujo y A es la sección transversal del canal.

En flujo permanente, Q es constante a través del tramo en estudio, es decir es continuo. Entonces:

$$Q = V1.A1 = V2.A2$$

Ecuación de Continuidad

La ecuación de continuidad no es válida cuando el caudal de un flujo permanente no es uniforme a lo largo del canal, es decir, cuando entra o sale agua a lo largo del curso del flujo. Este tipo de flujo es conocido como Flujo espacialmente variado o discontinuo. Por Ejemplo:

cunetas a lo largo de carreteras, vertederos de canal lateral, canaletas de lavado de filtros en plantas de tratamiento, canales de efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas residuales y en riego y drenajes de sistemas de irrigación. La ley de continuidad para flujo no permanente requiere la consideración del tiempo como una variable adicional. (Universidad Industrial De Santander, 2018).

Flujo No Permanente

Llamado también flujo no estacionario. En este tipo de flujo en general las propiedades de un fluido y las características mecánicas del mismo serán diferentes de un punto a otro dentro de su campo, además si las características en un punto determinado varían de un instante a otro se dice que es un flujo no permanente. (Ingeniería Civil, 2011).

$$\frac{\delta V}{\delta t} \neq 0; \quad \frac{\delta \rho}{\delta t} \neq 0; \quad \frac{\delta P}{\delta t} \neq 0$$

Flujo Uniforme y Flujo variado

Esta clasificación obedece a la utilización del espacio como variable. El flujo es uniforme si los parámetros (velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al espacio, es decir, en cualquier sección del canal los elementos del flujo permanecen constantes. Matemáticamente se pueden representar:

$$\frac{dv}{dl} = 0; \quad \frac{dA}{dl} = 0$$

Si los parámetros varían de una sección a otra, el flujo se llama no uniforme o variado, es decir:

$$\frac{dv}{dl} \neq 0; \ \frac{dA}{dl} \neq 0$$

Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo. (Rosas Islas).

Estado del flujo

El estado de flujo en canales abiertos va ligado a los efectos de viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo.

- **Efecto de viscosidad:** El flujo puede ser Laminar, Turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.

El efecto de la viscosidad en relación con la inercia puede representarse con el número de Reynolds, definido por:

$$R = \frac{VL}{\nu}$$

V: Velocidad del flujo en pies.

L: Longitud en pies.

v: Viscosidad cinemática en $pies^2/seg$

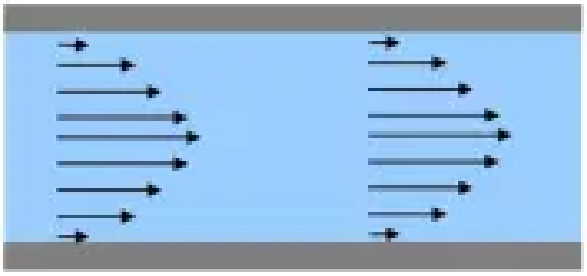
- **Efecto de la gravedad:** El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. Esta relación está dada por el número de Froude.

Flujo Laminar

Se llama flujo laminar o corriente laminar, al movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado, suave. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclar y cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente. En flujos laminares el mecanismo de transporte lateral es exclusivamente molecular. (Rubén, 2012).

Figura 22

Flujo laminar



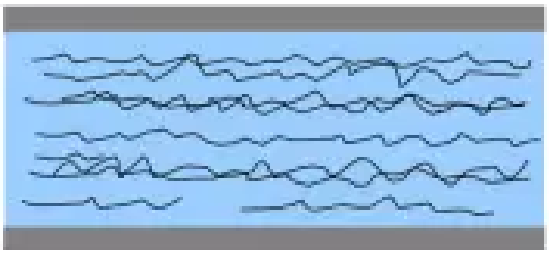
Nota. Ejemplo de flujo laminar. Recuperado de *Regímenes de flujo de fluidos en tuberías* [Ilustración]. *UGLYALCALA, 2016* https://elpetroleoysusavances.wordpress.com/2016/12/01/proceso-de-produccion-y-manejo-de-crudos-pesados/

Flujo En Transición

También llamado flujo crítico, existe cuando el caudal se incrementa después de estar en flujo laminar hasta que las láminas comienzan a ondularse y romperse en forma brusca y difusa. Se determina cuando el número de Re tiene valores entre 2000 y 4000 (UGLYALCALA, 2016).

Figura 23

Flujo en transición



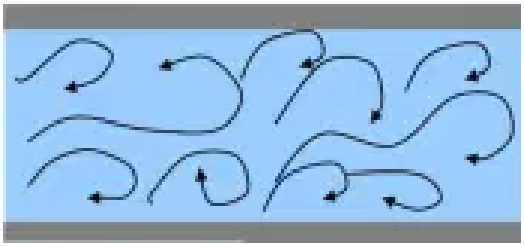
Nota. Ejemplo de flujo en transición. Recuperado de *Regímenes de flujo de fluidos en tuberías* [Ilustración]. *UGLYALCALA, 2016* https://elpetroleoysusavances.wordpress.com/2016/12/01/proceso-de-produccion-y-manejo-de-crudos-pesados/

Flujo Turbulento

Se llama flujo turbulento o corriente turbulenta al movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos, (no coordinados) como por ejemplo el agua en un canal de gran pendiente. Debido a esto, la trayectoria de una partícula se puede predecir hasta una cierta escala, a partir de la cual la trayectoria de la misma es impredecible, más precisamente caótica. (Rubén, 2012).

Figura 24

Flujo turbulento



Nota. Ejemplo de flujo turbulento. Recuperado de *Regímenes de flujo de fluidos en tuberías* [Ilustración]. *UGLYALCALA, 2016* https://elpetroleoysusavances.wordpress.com/2016/12/01/proceso-de-produccion-y-manejo-de-crudos-pesados/

Tabla 4

Tipos de Flujo

TIPO DE FLUJO	N.º REYNOLDS
Flujo Laminar	#Reynolds < 2.000
Flujo En Transición	2.000≤#Reynolds≥4.000
Flujo Turbulento	#Reynolds ≥4.000

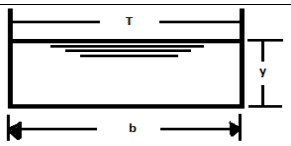
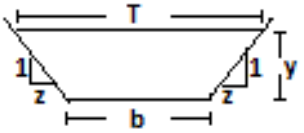
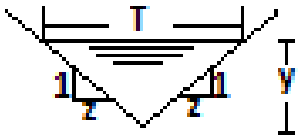
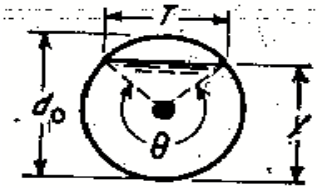
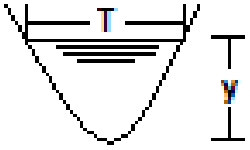
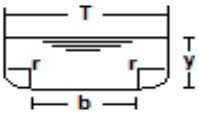
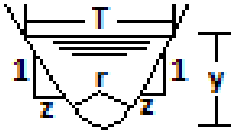
Nota. Tipos de Flujos y su clasificación.

Geometría de canales artificiales

Los canales artificiales a menudo se diseñan con secciones de figuras geométricas regulares. El trapecio es la forma comúnmente utilizada debido a que provee las pendientes necesarias para la estabilidad y la sección triangular solo se utiliza para pequeñas cunetas a lo largo de carreteras y trabajos en laboratorio. La parábola se utiliza como una aproximación a secciones de canales naturales de tamaño pequeño y mediano. El rectángulo con esquinas redondeadas es una modificación del rectángulo. El triángulo con fondo redondeado es una aproximación de la parábola la cual es creada con la utilización de excavadoras a continuación se pueden ver las diferentes figuras geométricas utilizadas.

Tabla 5

Geometría de canales artificiales.

SECCIÓN	FORMA
Rectangular	
Trapecio	
Triángulo	
Círculo	
Parábola	
Rectángulo con esquinas redondeadas	
Triángulo con fondo redondeado	

Nota. Tipos de Geometría de Canales y sus ejemplos. Adaptado de (Chow, 2004)

Elementos Geométricos de una sección de Canal

Diseño y construcción de canales artificiales

Todos los canales deberán diseñarse de manera que tengan la necesaria capacidad de conducción de agua. Los canales se diseñan utilizando fórmulas que establecen relaciones entre la capacidad de conducción y la forma, el gradiente efectivo o pérdida de carga, y la rugosidad de las paredes. La fórmula comúnmente utilizada en que se incluyen todos estos factores es la ecuación de Manning:

$$v = (1 \div n)\,(R^{2/3})\,(S^{1/2})$$

donde

v = velocidad del agua en el canal

n = coeficiente de rugosidad de las paredes del canal

R = radio hidráulico del canal

S = pendiente efectiva.

También se deben hacer cálculos tales como:

- Profundidad hidráulica o de flujo
- Área (A) del canal
- Borde libre

(Estructuras De Conducción Del Agua)

Profundidad Hidráulica Del Canal: La profundidad hidráulica se calcula restando la altura tota8l del canal menos el borde libre. La profundidad hidráulica se calcula restando la altura total del canal menos el borde libre.

El borde libre: Es la distancia vertical desde la parte superior del canal hasta la superficie del agua en la condición de diseño. Esta distancia debe de ser lo suficiente para prevenir que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua causen rebose por encima de los lados.

El primer criterio a tomar en cuenta para el diseño de un canal rectangular según Ven Te Chow, es que el borde libre (BL), varía de un 30 % arriba de la altura total del canal.

Área: El área se calcula multiplicando el ancho del canal por la profundidad del canal.

Radio hidráulico: Es la relación-división del área mojada con respecto a su perímetro mojado.

Área mojada: Es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección del flujo.

Perímetro mojado: Se calcula sumando el ancho del canal más dos veces la profundidad hidráulica.

Ancho superficial: Es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.

Tabla 6

Sistema De Unidades

Cantidad	Unidad Estándar Del SI	Unidad Estándar De Estados Unidos
Longitud	Metro (m)	Pies (pies)
Tiempo	Segundo (s)	Segundo (s)
Masa	Kilogramo (Kg)	Slugs
Fuerza o Peso	Newton (N)	Libra (lb)
Presión	N/m^2 o pascal (Pa)	lb/pie^2 o psf
Potencia	N.m/s o watt (W)	lb.pie/s o caballo de fuerza (hp)
Volumen	m^3	pie^3
Área	m^2	pie^2
Peso Específico	N/m^3	lb/pie^3
Densidad	kg/m^3	$slugs/pie^3$
Energía	N.m o Joule (J)	lb.pie

Nota. Sistema de unidades básicas para medir los diferentes tipos de cantidades. Adaptado de (Mott, R.2006).

Bomba Centrífuga

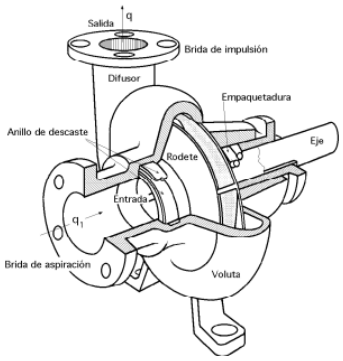
Es aquella máquina, también denominada bomba rotodinámica, cuyo objetivo es convertir la energía en velocidad y posteriormente en energía a presión. Es decir, transforman la energía mecánica en energía hidráulica. De esta manera, puede mover el mayor volumen de líquido posible. (Fluid Engineering Company, 2019).

Partes de la bomba centrífuga

- **Tubería de aspiración:** Concluye en la brida de aspiración.
- **El impulsor o rodete:** Está formado por un conjunto de álabes que pueden adoptar diversas formas, según la misión a que vaya a ser destinada la bomba, los cuales giran dentro de una carcasa circular. El rodete es accionado por un motor, y va unido solidariamente al eje, siendo la parte móvil de la bomba.
- **La voluta:** Es un órgano fijo que está dispuesta en forma de caracol alrededor del rodete, a su salida, de tal manera que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior, y va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión. Su misión es la de recoger el líquido que abandona el rodete a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarse hacia la brida de impulsión de la bomba. (Fernández Diez).
- **Tubería de impulsión:** Es la que está instalada a la salida de la voluta, por la que el líquido es evacuado a la presión y velocidad creadas en la bomba. (Fernández Diez).

Figura 25

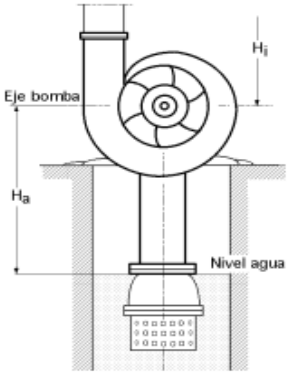
Bomba centrifuga



Nota. Partes de una bomba centrifuga. Recuperado de *bombas centrifugas y volumétricas* [Ilustración]. Diez, 2011 http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf

Figura 26

Bomba centrifuga lateral



Nota. Parte lateral de una bomba centrifuga. Recuperado de *bombas centrifugas y volumétricas* [Ilustración]. Diez, 2011 http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf

Marco Geográfico

El área geográfica para la cual se desarrollará este proyecto se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. al sur occidente exactamente en la Universidad Distrital Francisco José De Caldas Sede Bosa El Porvenir en la calle 52 sur # 93d-39, de la localidad de Bosa, UPZ 86, en las coordenadas 4°38´12.52” Norte, y 74°11´8.54” Este. La sede limita al Sur con la carrera 92a, al Oriente con la calle 52 sur, al Norte con la carrera 95a, y al Occidente con la calle 54 Sur.

Figura 27

Ubicación Geográfica



Nota. Ubicación Geográfica de la universidad Distrital Francisco José de Caldas Sede Bosa Porvenir. Adaptado de *Google earth* [Mapa satelital].

Marco Normativo

Tabla 7

Marco Normativo.

Norma	Objetivo
Constitución política 1991. Art 8	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
Norma Técnica Colombiana (NTC 10012)	Esta norma habla sobre los procesos, y su control, además de la implementación de sistemas de gestión para las mediciones, y la instrumentación metrológica de los equipos de medición.

Norma Técnica Colombiana (NTC-ISO 5667)	Guía para el Muestreo de Aguas de Ríos y Corrientes
Guía Técnica Colombiana (GTC 30)	Trata sobre la Gestión ambiental: suelos, guía para el monitoreo de aguas subterráneas, describe el procedimiento de evaluación de calidad y protección de estas.

Nota. Normas Colombianas sobre el medio ambiente y el muestreo de aguas.

Proceso metodológico

Enfoque del estudio

El presente proyecto tiene un enfoque metodológico descriptivo experimental, como tipo de investigación utilizado, es el estudio de caso, en el que se pretende corregir falencias presentadas en el proceso de adecuación de un canal simulado para el uso simulado del equipo Riversurveyor de Sontek-m9 de tal manera que permita optimizar el dispositivo herramienta en función de los proyectos de investigación que un estudiante pueda realizar a partir de éste.

Dada la necesidad de conocer el valor significativo de la medición de caudales dentro del Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas se ejecuta un diseño metodológico teórico donde se sustentan los diferentes resultados que pretenden optimizar el correcto uso y funcionamiento de la sonda M9 para aportar a los usos prácticos de aprendizaje a partir del mismo.

Para sustentar esta parte teórica se tuvo en cuenta información de fuentes secundarias, partiendo principalmente de los trabajos prácticos realizados anteriormente dentro de la

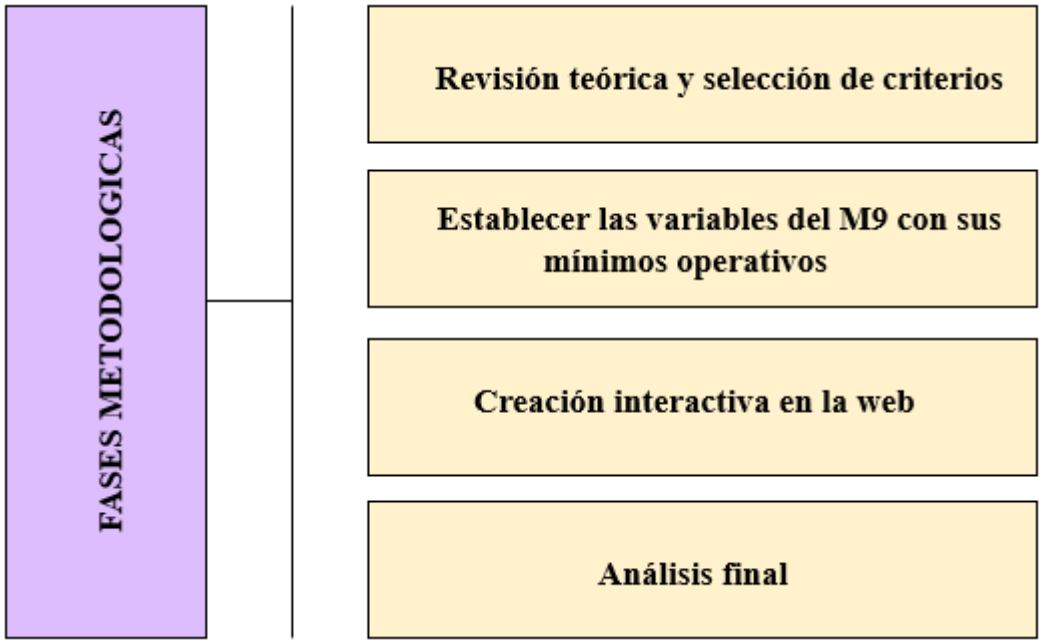
universidad para entender el funcionamiento y/o comportamiento del dispositivo y consultando también estudios que abarcaran todos los temas relacionados a geometría de canales, para así definir los criterios de diseño y los mínimos operativos del canal.

Finalmente se determina el diseño más apto para el nuevo canal, presentado un plano del mismo en donde se muestran las nuevas medidas longitudinales y el funcionamiento del equipo dentro del nuevo canal fundamentado en la recopilación exhaustiva de información al respecto.

Fases metodológicas

Figura 28

Fases metodológicas



Nota. Esquema sobre las fases metodológicas

Revisión teórica y selección de criterios: Se trata de un análisis de fuentes bibliográficas que proporcionen la información suficiente que permita establecer las nuevas medidas pertinentes para la mejora y la adecuación del nuevo canal para el uso simulado del equipo Riversurveyor de Sontek-m9. Adicionalmente a través de un ejercicio se evaluará la funcionalidad de la guía práctica de laboratorio ya diseñada por Yina López y Alejandra Vanegas para definir si es necesario establecer algún cambio sobre esta y así poder lograr un mejor entendimiento de la misma. Para tal fin se consultaron fuentes secundarias como el proyecto de grado realizado por estudiantes de Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos "Manual de protocolo del Equipo Riversurveyor de Sontek–M9 con funcionamiento de tecnología satelital del Laboratorio de Servicios Públicos", El Manual de funcionamiento de Sontek, y bibliografía basada en geometría de canales, principalmente el libro "Hidráulica de canales abiertos" de Ven Te Chow.

Establecer las variables del m9 con sus mínimos operativos: Con base en la información recolectada definir los criterios del nuevo canal, tales como: Dimensiones, características estructurales, variables de velocidad y longitud para poder diseñar un prototipo del nuevo canal simulado teniendo en cuenta funcionalidad y viabilidad del mismo para la corrección de los errores que ya se venían presentando sustentado en el análisis de las diferentes características estructurales, en la corrección de errores que se presentaba el antiguo modelo operativo.

Creación Interactiva en la web: Una vez ya definido el tipo de contenido digital se procede a realizar el diseño del mismo por medio del cual se va a utilizar información encontrada

dentro del “Manual de protocolo del equipo Riversurveyor de Sontek -M9” y adicional se incluirá la guía de laboratorio para así poder cumplir con el objetivo de poder crear un método interactivo y accesible para los estudiantes el cual recopila todas las herramientas necesarias para el desarrollo de las prácticas.

Análisis final: Una vez formulada y planteada las nuevas medidas para la estructura del canal se evalúa el cumplimiento de las condiciones mínimas operacionales esperadas así como las medidas del laboratorio donde este será ubicado; adicional a esto, a través de elementos de uso tecnológico utilizando programas como Adobe InDesign y Adobe Illustrator se diseñará en 3D cada uno de los elementos que componen el M9 para así poder realizar una explicación más detallada de su ensamblaje en el contenido digital establecido.

Resultados

Realizar una revisión teórica y de selección de criterios basados en métodos cualitativos para el diseño del canal artificial.

Para permitir el correcto desarrollo del presente trabajo se realizó una investigación con fuentes secundarias confiables utilizando principalmente la plataforma institucional RIUD de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas tomando como base la monografía “Manual de protocolo del Equipo Riversurveyor de Sontek–M9 con funcionamiento de tecnología satelital del Laboratorio de Servicios Públicos” realizada por las compañeras Nelly Alejandra Vanegas Guzmán y Yina Paola López Moreno en el año 2016 y documentos acreditados por otras universidades que se verán reflejados en la bibliografía de este proyecto.

Se realizo una visita practica al laboratorio de servicios públicos de la sede Bosa Porvenir donde:

1. Se puso en práctica la página web diseñada para realizar el ensamblaje del dispositivo River Surveyor M9 de Sontek:

Figura 29

Elementos del M9



Nota. Elementos para el ensamblaje del dispositivo.

Figura 30

PCM GPS

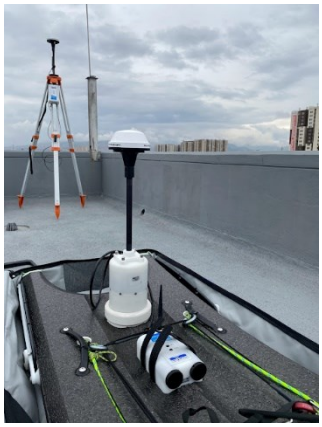


Nota. Instalación de pilas en PCM GPS.

2. Se realizo el ensamblaje tanto de la estación base como la de la embarcación móvil.

Figura 31

River Surveyor M9



Nota. Dispositivo M9 completamente ensamblado estación base y embarcación móvil.

3. Se hizo nuevamente una medición de la ubicación donde quedaría el canal artificial del M9 dentro del laboratorio de servicios públicos de la sede Bosa Porvenir comprobando que las nuevas medidas propuestas no afectaran el espacio.

Figura 32

Canal Artificial



Nota. Ubicación del canal

Figura 33

Laboratorio



Nota. Laboratorio de servicios públicos sede Bosa Porvenir

4. Se llevo a cabo el ejercicio utilizando la guía practica para así evaluar su comprensión, funcionalidad y efectividad.

Figura 34

Ensamblaje del canal



Nota. Proceso del ensamble del M9 al canal

Figura 35

Conexiones del Canal



Nota. Dispositivos ya ensamblados

Establecer las variables del m9 con sus mínimos operativos.

Se seleccionaron diferentes criterios a tener en cuenta para el diseño futuro del nuevo canal artificial para el uso simulado de la sonda M9 como por ejemplo el espacio dentro del laboratorio de servicios públicos de la sede Bosa Porvenir en el que se ubica el antiguo canal y en él que estará el nuevo una vez se realice su construcción, además de tomar como referente los mínimos operativos de la sonda ya mencionada anteriormente y que se muestran a continuación:

Tabla 8

Mínimos operativos del M9

Rango (Distancia)	0.06 m a 40 m
Rango (Profundidad	0.20 m hasta 80 m
Rango con Bottom-Track (Caudal)	0.3 m hasta 40 m
Rango con RTK GPS (Caudal)	0.3 m hasta 80 m

Nota. Rangos de los mínimos operativos del dispositivo M9. Adaptado de (Moreno & Guzmán, 2016, p. 11).

Con estos datos ya obtenidos y con la visita teórica practica realizada al laboratorio de servicios públicos se establecieron las siguientes medidas para la construcción del nuevo canal:

Tabla 9

Medidas del nuevo canal

Alto	0.80m
Ancho	0.55m
Largo	2m

Nota: Especificación de las nuevas medidas establecidas para la construcción del futuro canal.

Figura 36

Modelo Canal Artificial



Nota. Canal artificial para la simulación de una fuente hídrica.

Creación interactiva en la web.

Se diseñó una página web con el objetivo de poder sintetizar de una forma más comprensible el paso a paso para poder acoplar cada una de las partes que componen el M9, modelando cada una de ellas en 3D dándoles movimiento de tal forma que visualmente se pueda comprender el proceso de ensamblaje de las mismas para así poder hacer uso del dispositivo, adicional a esto se incluyeron documentos fundamentales como la guía práctica de laboratorio, el trabajo de grado "Manual de protocolo del Equipo "Riversurveyor de Sontek–M9" con funcionamiento de tecnología satelital del Laboratorio de Servicios Públicos", y la monografía aquí presente, de tal forma que toda la información estuviera recopilada para poder facilitar el acceso a ella y mejorar el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

Análisis Final.

Con la visita práctica al laboratorio de Servicios Públicos permitió entender el funcionamiento y ensamblaje del dispositivo M9 al canal experimental así mismo el hecho de poner a prueba el uso de la página web y su efectividad para esto, además de la toma de las

nuevas medidas del mismo en la sede Bosa Porvenir ya que la construcción del antiguo canal se hizo con base a las dimensiones del laboratorio ubicado en la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Sede vivero). También se efectuaron algunos cambios en la guía práctica de laboratorio diseñando una nueva que fuera más resumida, fácil de entender y desarrollar pero que así mismo unificara algunos puntos y pasos claves de la anterior dando paso a una adquisición de aprendizaje más optima.

Conclusiones

Una vez recopilada la información correspondiente como los mínimos operativos del dispositivo M9, el espacio en el que se encuentra actualmente ubicado el canal experimental en el laboratorio de servicios públicos de la Sede Bosa Porvenir, se establecieron las medidas del canal experimental para que en un futuro se realice una nueva construcción de este implementando las modificaciones indicadas, esperando que al ampliar su tamaño puedan ser solucionados los inconvenientes presentados al momento en el que se realizó la práctica con el antiguo canal.

Adicional a esto se concluye que la creación de la página web es un elemento imprescindible para poder realizar las prácticas de laboratorio, ya que explica paso a paso de forma interactiva el proceso a llevar cabo para ensamblar cada una de las partes que componen el dispositivo M9, y ayuda a optimizar el tiempo en el que estas se desarrollan, así como también facilita el acceso a la misma a través de un código QR que estará impreso y que se podrá escanear en el laboratorio de servicios públicos de la sede Bosa Porvenir, el proceso de aprendizaje de los estudiantes será más eficaz debido a que tendrán la viabilidad de poder

adquirir toda la información ya que esta herramienta tecnológica no solo explica el proceso para armar el M9 sino que también reúne elementos esenciales como la guía práctica de laboratorio, el Manual de protocolo del equipo Riversurveyor de Sontek -M9 y sus anexos.

En el ejercicio que se llevó a cabo se pudo evidenciar que la guía practica ya diseñada era un poco extensa y compleja de desarrollar, por lo que basándonos en esta se re diseño haciendo una nueva de tal forma que reuniera elementos indispensables de la anterior, pero así mismo agregando unos nuevos para hacerla más comprensible y sintetizada, de tal forma que facilitara la manera en la que los estudiantes realizaran esta práctica de laboratorio disminuyendo los tiempos de ejecución y asegurando que obtengan los conocimientos esperados. Esta también podrá ser encontrada en la página web y en el anexo de este trabajo

Recomendaciones

Al momento de realizar el nuevo diseño del canal artificial no solo tener en cuenta las nuevas medidas propuestas, si no también evaluar la opción de modificar tanto el material con el que se va a construir, así como el implementar materiales en el piso del mismo que puedan ayudar a que este se asemeje aun mas a un rio.

Seguir paso a paso cada una de las instrucciones dadas tanto en la pagina web como en la guía de laboratorio facilitaran el entendimiento y el desarrollo de las practicas por lo que se recomienda leer detenidamente cada una de ellas para así también evitar causar algún tipo de daño al dispositivo y sus elementos.

Referencias Bibliográficas

Alvarado, E., Gil, S., Nelson, J. A., Espinoza, H., Rivera, P., Castilla, L., & de León, R. (2017). *Manual de Medición de Caudales*. Obtenido de https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf

Aprotec. (n.d.). *SonTek RiverSurveyor M9*. Obtenido de AproTec mexicana: http://www.aprotecmexicana.com/catalogo?p=sontek-riversurveyor-m9

Briones, G., & García, I. (1997). *Aforo Del Agua en Canales y Tuberías*. Trillas. Obtenido de https://es.scribd.com/document/371217087/aforo-del-agua-en-canales-y-tuberias-gregorio-briones-e-ignacio-garcia-pdf

Carlson, D., Fursterling, A., & Vesterled, L. (2019). *Un vehículo de superficie autónomo asequible y portátil con evitación de obstáculos para el monitoreo del océano costero.* Obtenido de ELSEVIER: https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2468067219300161?token=2B95D2DE3590DF1D894DBD6B4C045E9F98CFF1AC9DFC758A4939EED3A64EC982F331A0477D029350FE173B9D1BD07605

Chow, V. (marzo de 2004). *Hidráulica De Canales Abiertos.* Obtenido de Hidráulica De Canales Abiertos: https://www.u-cursos.cl/usuario/037b375d320373e6531ad8e4ad86968c/mi_blog/r/2_Chow_Ven_Te_-_Hidraulica_De_Canales_Abiertos.PDF

Coca, G. V. (2016). *Escorrentía Superficial*. [Ilustración]. Obtenido de https://www.slideshare.net/RibBrian/11-escorrentia

Collazos, C. A., Castellanos, H. E., Farfán, J. C., & Pertuz, F. M. (2017). *Diseño y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable*. Obtenido de Scielo https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000600012

Cuenca Gaona, L. L. (2019). *CÁLCULO DE LA LONGITUD MÍNIMA DE APROXIMACIÓN PARA UNA CANALETA PARSHALL.* Obtenido de CÁLCULO DE LA LONGITUD MÍNIMA DE APROXIMACIÓN PARA UNA CANALETA PARSHALL: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23663/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20CANALETA%20PARSHALL.pdf

Díez, P. F. (2011). *Bombas centrifugas y volumétricas* [UNIVERSIDAD DE CANTABRIA]. Obtenido de http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf

Dussaubat, S., & Vargas, X. (2005). *Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra*. [Figura]. Obtenido de http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/Guia_Aforo.pdf

Eoi. (2007). *CAUDALES EN RIOS. INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y REDES* [MASTER EN INGENIERÍA MEDIOAMBIENTAL Y GESTIÓN DEL AGUA]. https://static.eoi.es/savia/documents/componente45237.pdf

Escalante Estrada, M. D., & Reza Arzate, G. (2016). *METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES ACÚSTICOS.* Obtenido de Instituto Mexicano De Tecnología De Agua: http://www.riego.mx/congresos/comeii2016/ponencias/presentacion/COMEII-16029.pdf

Estructuras De Conducción Del Agua. (s.f.). Obtenido de Estructuras De Conducción Del Agua:

http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm#top

Fernández Diez, P. (s.f.). Bombas Centrífugas Y Volumétricas. Obtenido de DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ENERGÉTICA: http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/bombas-centrifugas-y-volumetricas.pdf

Fluid Engineering Company. (20 de agosto de 2019). ¿Qué es una bomba centrifuga? Obtenido de Fluideco: https://fluideco.com/que-es-una-bomba-centrifuga/

Guía de Hidroeléctricas. (s. f.). CanyonHydro. Recuperado 25 de octubre de 2022, de https://www.canyonhydro.com/guide_sp/index.html

Hernández, J. J., Guevara López , L. A., & Granados , R. Z. (2018). *Calculo de caudales mediante Método del molinete y Método del flotador.* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Obtenido de https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonoma-de-nicaragua-managua/hidrologia/aforo-por-el-metodo-del-molinete/5392915

https://www.academia.edu/9746328/hidr%c3%81ulica_de_tuber%c3%8das_y_canales

IDEAM. (2020). *MANUAL DE VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROLOGICA*. Obtenido de http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/72093416/M-GCI-H-M028+MANUAL+DE+VALIDACION+DE+LA+INFORMACION+HIDROLOGICA+v1.pdf/b3dc6ebf-e1cd-4514-9940-c6a55b425463?version=1.0#:~:text=Limn%C3%ADgrafo%20(Lg)%3A%20Es%20un,que%20traduce%20a%20escala%20y

Ingeniería Civil. (8 de febrero de 2011). *FLUJO PERMANENTE Y FLUJO NO PERMANENTE*. Obtenido de Cueva Del Ingeniero Civil: https://www.cuevadelcivil.com/2011/02/flujo-permanente-y-flujo-no-

permanente.html#:~:text=Esta%20clasificaci%C3%B3n%20obedece%20a%20la,elementos%20del%20flujo%20permanecen%20constantes

Ladino Vargas, H. (2019). *ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE LA BATIMETRÍA EN LA LAGUNA DE FUQUENE.* Obtenido de ELABORACION DEL ESTUDIO DE LA BATIMETRIA EN LA LAGUNA DE FUQUENE: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/20984/2019camilomartinez.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Liendo, GA (2019). *ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE RELACIONADA A LA EXTRAPOLACIÓN DE CURVAS ALTURA-CAUDAL (HQ) E IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA LSPIV PARA CUANTIFICAR CAUDALES [UNIVERSIDAD NACIONAL* DE CÓRDOBA]. Obtenido de https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/14377/PS%20GERMAN%20revisi%C3%B3n%20ultTTT.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martínez Rodríguez, C. C. (2019). Estudio De La Batimetría En La Laguna De Funeque. Obtenido de Universidad Santo Tomas: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/20984/2019camilomartinez.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Moreno, Y. P. L., & Guzmán, N. A. V. (2016). *RIVER SURVEYOR DE SONTEK M9* [Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4861/LopezMorenoYinaPaola2016Anexo-2.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Mott, R. L. (2006). *MECÁNICA DE FLUIDOS Sexta Edición*. Obtenido de Academia.edu: https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf

Olivera, M. E., & Souza, N. (2018). *ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL RIEGO CUANDO EL AGUA ES ADUCIDA POR CANALES EXCAVADOS EN TIERRA.* Obtenido de ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL RIEGO CUANDO EL AGUA ES ADUCIDA POR CANALES EXCAVADOS EN TIERRA: http://agua.unorte.edu.uy/wp-content/uploads/2018/05/Estudio-dgesti%C3%B3n-de-riego-parte-1.pdf

Olivera, M. E., & Souza, N. D. (2018). *ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL RIEGO CUANDO EL AGUA ES ADUCIDA POR CANALES EXCAVADOS EN TIERRA*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA CENTRO UNIVERSITARIO SEDE SALTO: http://agua.unorte.edu.uy/wp-content/uploads/2018/05/Estudio-dgesti%C3%B3n-de-riego-parte-1.pdf

Pérez, R. M. (2005). *Manual de Practicas de Laboratorio de Hidráulica* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN]. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21725/3353962.2005.Parte%2013.pdf?sequence=11&isAllowed=y

Rocha. A. (2007) *Hidráulica de tuberías y canales*. Obtenido de Academia:

Rodríguez, P. (2008, agosto). *Hidráulica ll*. Obtenido de Slideshare: https://es.slideshare.net/Hiperpiedra/hidrulica-ii-hidrulica-de-canalespedro-rodriguez-ruiz

Rojo, J. D. (2012). *Hidrología*. Obtenido de http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/5.caudales_i.pdf

Rosas Islas, J. C. (s.f.). *Flujo En Canales*. Obtenido de Sites Google: https://sites.google.com/site/0902carlosr/flujo-en-canales

Rubén, J. (marzo de 2012). *Tipos De Flujos*. Obtenido de HIDRAULICA 1: http://ic161hidraulica1.blogspot.com/p/tipos-de-flujos.html

Sontek. (2015). *River Surveyor.* Obtenido de River Surveyor: https://www.sontek.com/media/pdfs/riversurveyor-s5-m9-brochure.pdf

UGLYALCALA. (1 de diciembre de 2016). *REGÍMENES DE FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS*. Obtenido de El Petróleo Y Sus Avances: https://elpetroleoysusavances.wordpress.com/2016/12/01/proceso-de-produccion-y-manejo-de-crudos-pesados/

Universidad Industrial De Santander. (2018). *Estados Y Tipo De Flujo*. Obtenido de StuDocu: https://www.studocu.com/co/document/universidad-industrial-de-santander/hidraulica/resumenes/estados-y-tipo-de-flujo/2611976/view

Valencia, A. G., Soto, J. D. R., & Tamayo, M. V. (Eds.). (2014). *Manual piragüero Medición del caudal*. https://piragua.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf

Vanegas Guzmán, N. A., & López Moreno, Y. P. (2016). *Manual de protocolo del Equipo "Riversurveyor de Sontek–M9" con funcionamiento de tecnología satelital del Laboratorio de Servicios Públicos.* Obtenido de Manual de protocolo del Equipo "Riversurveyor de Sontek–M9" con funcionamiento de tecnología satelital del Laboratorio de Servicios Públicos: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4861/1/LopezMorenoYinaPaola2016.pdf

Villajulca, JC (2010). *Principios de medición de Flujómetros Ultrasónicos: efecto Doppler y tiempo de tránsito de la señal*. Instrumentación y Control.net. Obtenido de https://instrumentacionycontrol.net/principios-de-medicion-de-flujometros-ultrasonicos-efecto-doppler-y-tiempo-de-transito-de-la-senal/