



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS PARA
ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE
INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Gloria Esther Infante Atalaya

Bach. Evert Felipe Dávila Abanto

Asesor:

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Infante Atalaya Gloria Esther y Dávila Abanto Evert Felipe**, denominada:

PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS PARA ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016.

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

ASESOR

M. Cs. Ing. Juan Gonzales García

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Anita Alva Sarmiento

JURADO

Ing. Alejandro Cubas Becerra

JURADO

DEDICATORIA

En primer lugar, dedicamos este trabajo a Dios Todopoderoso, nuestro creador y Señor porque siempre estuvo allí para cuidarnos y ayudarnos, le dedicamos todo nuestro trabajo y que la gloria y la honra sean para Usted.

En segundo lugar dedicamos este trabajo a nuestros padres y hermanos por su amor, paciencia y comprensión porque durante el transcurso de nuestro paso por la Universidad nos brindaron todo su apoyo tanto emocionalmente como económicamente. Gracias por ser los medios perfectos para cumplir nuestros planes y metas acá en la tierra.

Finalmente dedicamos este trabajo a familiares y amigos con los cuales compartimos muchas experiencias cotidianas y curriculares, y que seguramente les alegrará el que estemos cumpliendo nuestras metas.

AGRADECIMIENTO

Queremos dar gracias infinitamente a **Dios Todopoderoso** por su amor, misericordia y gracia, porque siempre estuvo, está y estará delante de nosotros como escudo protector cuidándonos y guiándonos por las sendas correctas para lograr sus y nuestros propósitos en nuestras vidas. Gracias porque cuando nos sentíamos cansados, agobiados, Él estaba allí para decirnos: Hijo(a) Esfuérzate y sé valiente porque Yo tu Dios estoy contigo por donde quiera que vayas. Gracias Señor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

| | |
|--|-----------|
| <u>APROBACIÓN DE LA TESIS</u> | ii |
| <u>DEDICATORIA</u> | iii |
| <u>AGRADECIMIENTO</u> | iv |
| <u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u> | v |
| <u>ÍNDICE DE TABLAS</u> | vii |
| <u>ÍNDICE DE FIGURAS</u> | viii |
| <u>RESUMEN</u> | x |
| <u>ABSTRACT</u> | xi |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.1. Realidad problemática | 12 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 13 |
| 1.3. Justificación..... | 13 |
| 1.4. Limitaciones | 14 |
| 1.5. Objetivos | 14 |
| 1.5.1. <i>Objetivo general</i> | 14 |
| 1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> | 14 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1. Antecedentes | 15 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 17 |
| 2.2.1. <i>Protocolos y guías base de la calidad</i> | 17 |
| 2.2.2. <i>Definición de calidad</i> | 18 |
| 2.2.3. <i>Sistemas de Gestión de Calidad</i> | 18 |
| 2.2.4. <i>Norma ISO/IEC 17025:2005</i> | 18 |
| 2.2.5. <i>Objetivos de la Calidad en los laboratorios</i> | 19 |
| 2.2.6. <i>Validación</i> | 19 |
| 2.2.7. <i>Confiabilidad</i> | 20 |
| 2.2.8. <i>Alfa de Cronbach</i> | 20 |
| 2.2.9. <i>Escala de Likert</i> | 21 |
| 2.2.10. <i>Tipos de ítem Likert (Llauradó, 2014)</i> | 21 |
| 2.2.11. <i>¿Cuántos niveles debe tener el ítem? (Llauradó, 2014)</i> | 22 |
| 2.2.12. <i>¿Cómo tratar los resultados? (Llauradó, 2014)</i> | 22 |

| | | |
|--------------------------------------|--|-----------|
| 2.2.13. | <i>Ventajas del ítem Likert. (Llauradó, 2014)</i> | 22 |
| 2.2.14. | <i>Inconvenientes del ítem Likert . (Llauradó, 2014)</i> | 22 |
| 2.2.15. | <i>Laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil Universidad Privada del Norte Cajamarca</i> | 22 |
| 2.3. | Hipótesis (si es pertinente)..... | 73 |
| CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA | | 74 |
| 3.1. | Operacionalización de variables | 74 |
| 3.2. | Diseño de investigación | 75 |
| 3.3. | Unidad de estudio | 75 |
| 3.4. | Población | 75 |
| 3.5. | Muestra (muestreo o selección) | 75 |
| 3.6. | Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos..... | 75 |
| 3.7. | Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos | 75 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS | | 76 |
| CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN | | 80 |
| CONCLUSIONES | | 82 |
| RECOMENDACIONES | | 83 |
| REFERENCIAS | | 84 |
| ANEXOS | | 86 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA N° 1: DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO CUADRANTE HIDRÁULICO. | 49 |
| TABLA N° 2. PROPIEDADES FÍSICAS APROXIMADAS DE ALGUNOS LÍQUIDOS COMUNES (UNIDADES SI) | 67 |
| TABLA N° 3. VALIDACIÓN DE GUÍAS PARA ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA. | 76 |
| TABLA N° 4. CÁLCULO DE LA VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA GUÍAS. | 77 |
| TABLA N° 5. VALIDACIÓN DE GUÍAS PARA PROTOCOLOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA. | 78 |
| TABLA N° 6. CÁLCULO DE LA VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA PROTOCOLOS. | 79 |
| TABLA N° 7. PROMEDIO DE VALIDACIÓN DE GUÍAS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA. | 80 |
| TABLA N° 8. PROMEDIO DE VALIDACIÓN DE PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA. | 81 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA N° 1: REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 | 19 |
| FIGURA N° 2: CAMBIO DE RÉGIMEN A) DE SUBCRÍTICO A SUPERCRÍTICO, B) DE SUPERCRÍTICO A SUBCRÍTICO (SALTO HIDRÁULICO) | 28 |
| FIGURA N° 3: FLUJO A TRAVÉS DE UNA COMPUERTA PLANA Y DE UNA COMPUERTA RADIAL | 30 |
| FIGURA N° 4: COMPUERTA PLANA | 31 |
| FIGURA N° 5: COMPUERTA DE DESCARGA LIBRE Y SUMERGIDA | 32 |
| FIGURA N° 6: COMPUERTA PLANA INCLINADA | 32 |
| FIGURA N° 7: COMPUERTA PLANA VERTICAL | 33 |
| FIGURA N° 8: FLUJO GRADUALMENTE VARIADO | 35 |
| FIGURA N° 9: PERFILES DE FLUJO PARA DIFERENTES ZONAS | 38 |
| FIGURA N° 10: FLUJO GRADUALMENTE VARIADO PARA CANALES DE PENDIENTE SUAVE | 39 |
| FIGURA N° 11: FLUJO GRADUALMENTE VARIADO PARA CANALES DE PENDIENTE CRÍTICA | 39 |
| FIGURA N° 12: VERTEDERO DE CRESTA DELGADA | 40 |
| FIGURA N° 13: SECCIÓN LONGITUDINAL DE UN VERTEDERO DE PARED DELGADA | 41 |
| FIGURA N° 14: SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN VERTEDERO RECTANGULAR | 41 |
| FIGURA N° 15: ENERGÍA ESPECÍFICA EN UN CANAL A FLUJO LIBRE | 43 |
| FIGURA N° 16: CURVA DE ENERGÍA ESPECÍFICA | 44 |
| FIGURA N° 17: ESQUEMA DE CUADRANTE HIDRÁULICO | 48 |
| FIGURA N° 18: SUPERFICIE PARCIALMENTE SUMERGIDA | 49 |
| FIGURA N° 19: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL VENTURÍMETRO | 52 |
| FIGURA N° 20: DEMOSTRACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI | 53 |
| FIGURA N° 21: LÍNEAS DE CORRIENTE EN LA DESCARGA DE UN CHORRO DESDE UN DEPÓSITO POR UN ORIFICIO | 55 |
| FIGURA N° 22: CHORRO DESCARGADO A TRAVÉS DE UN ORIFICIO | 56 |
| FIGURA N° 23: VERTEDERO TRIANGULAR | 57 |
| FIGURA N° 24: ESTABILIDAD DE CUERPOS SUMERGIDOS | 61 |
| FIGURA N° 25: ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES | 61 |
| FIGURA N° 26: ENSAYO DE CUERPOS FLOTANTES | 62 |
| FIGURA N° 27: DETERMINACIÓN DE LA ALTURA METACÉNTRICA | 63 |
| FIGURA N° 28: RUEDA PELTON | 70 |
| FIGURA N° 29: FORMAS DEL ÁLABE | 70 |
| FIGURA N° 30: EQUIPO DE BANCO DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS | 86 |
| FIGURA N° 31: ABRIMOS LA VÁLVULA COMPUERTA | 86 |
| FIGURA N° 32: PONEMOS EN MARCHA LA ELECTROBOMBA | 87 |
| FIGURA N° 33: LLENAMOS LA CISTERNA MANTENIENDO UNA CARGA CONSTANTE | 87 |
| FIGURA N° 34: ABRIMOS LA VÁLVULA DE ENTRADA DE AGUA PARA LA TUBERÍA QUE DESEAMOS ENSAYAR | 88 |
| FIGURA N° 35: TOMAMOS EL DATO INICIAL DE VOLUMEN. ASIMISMO, EMPEZAMOS A CONTROLAR EL TIEMPO | 88 |
| FIGURA N° 36: TOMAMOS NOTA DE LAS ALTURAS DE AGUA GENERADAS. EL DATO INICIAL DE VOLUMEN | 89 |
| FIGURA N° 37: ANOTAMOS EL VOLUMEN FINAL Y EL TIEMPO DEL ENSAYO | 89 |
| FIGURA N° 38: RESALTO HIDRÁULICO | 90 |
| FIGURA N° 39: DESCARGA DE FONDO | 90 |
| FIGURA N° 40: FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO DESCARGA A TRAVÉS DE VERTEDEROS | 91 |
| FIGURA N° 41: FOTOGRAFÍA DE MEDICIÓN DEL TIRANTE HIDRÁULICO EN "A", PARA EL ENSAYO DE ENERGÍA ESPECÍFICA | 91 |
| FIGURA N° 42: FOTOGRAFÍA DE MEDICIÓN DEL TIRANTE HIDRÁULICO EN "B", PARA EL ENSAYO DE ENERGÍA ESPECÍFICA | 92 |
| FIGURA N° 43: FOTOGRAFÍA DE NIVELACIÓN DEL SISTEMA | 92 |
| FIGURA N° 44: LLENADO DE AGUA HASTA EL CERO DE LA REGLA DE MEDICIONES | 93 |
| FIGURA N° 45: AUMENTAMOS LA CARGA Y NIVELAMOS CON LA PESA, OBTENIENDO UNA MEDIDA "A" | 93 |
| FIGURA N° 46: AUMENTAMOS LA CARGA HASTA EL VÉRTICE DEL CUADRANTE SUPERIOR DEL EQUIPO, NIVELAMOS Y OBTENEMOS UNA MEDIDA "B" | 94 |
| FIGURA N° 47: PREPARAMOS EL EQUIPO PARA SUMERGIRLO | 94 |
| FIGURA N° 48: SUMERGIMOS EL EQUIPO | 95 |
| FIGURA N° 49: OBTENEMOS LA MUESTRA | 95 |
| FIGURA N° 50: SUMINISTRAMOS AGUA AL EQUIPO | 96 |
| FIGURA N° 51: ABRIMOS LA VÁLVULA COMPUERTA | 96 |
| FIGURA N° 52: ENCENDAMOS LA BOMBA | 97 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA N° 53. TOMAMOS LOS DATOS DE LOS MANÓMETROS. | 97 |
| FIGURA N° 54. ABRIMOS LA VÁLVULA QUE SE ENCUENTRA SOBRE LA MOTOBOMBA..... | 98 |
| FIGURA N° 55. DISIPADOR DE ENERGÍA TUBULAR..... | 98 |
| FIGURA N° 56. DAMOS UNA CARGA CONSTANTE CON LA COMPUERTA TIPO ATAGUÍA..... | 99 |
| FIGURA N° 57. VERIFICAMOS EL TIPO DE PLANCHA CON ORIFICIO QUE SE ESTÁ UTILIZANDO..... | 99 |
| FIGURA N° 58. MEDIMOS LA ALTURA DE AGUA EN EL VERTEDERO, PARA CALCULAR EL CAUDAL..... | 100 |
| FIGURA N° 59. MEDIMOS AL CHORRO EN VARIOS PUNTOS DE SU TRAYECTORIA..... | 100 |
| FIGURA N° 60. INTRODUCIMOS EL CUERPO FLOTANTE EN EL AGUA Y RECORREMOS EL PESO INCLINADO..... | 101 |
| FIGURA N° 61. ADICIONANDO COLORANTE..... | 101 |
| FIGURA N° 62. OBSERVAMOS LAS LÍNEAS DE CORRIENTE EN EL PERFIL CUADRADO..... | 102 |
| FIGURA N° 63. OBSERVAMOS LAS LÍNEAS DE CORRIENTE EN EL PERFIL CIRCULAR..... | 102 |
| FIGURA N° 64. EN ESTA FOTOGRAFÍA SE PUEDE OBSERVAR EL TECLE..... | 103 |
| FIGURA N° 65. LLENAMOS EL EQUIPO CON AGUA..... | 103 |
| FIGURA N° 66. DEJAMOS CAER AL FLUIDO EL OBJETO, EMPEZAMOS A CONTROLAR EL TIEMPO..... | 104 |
| FIGURA N° 67. ANOTAMOS EL TIEMPO EN QUE EL OBJETO LLEGÓ AL FINAL..... | 104 |
| FIGURA N° 68. INCORPORAMOS AGUA DE LA RED GENERAL..... | 105 |
| FIGURA N° 69. ABRIMOS LA VÁLVULA QUE VA HACIA LAS CUCHARAS DE LA TURBINA Y ANOTAMOS LA PRESIÓN DE SALIDA..... | 105 |
| FIGURA N° 70. TOMAMOS LOS DATOS ARROJADOS POR LA TURBINA..... | 106 |
| FIGURA N° 71. ANOTAMOS LA ALTURA DE AGUA EN EL VERTEDERO PARA CALCULAR EL CAUDAL..... | 106 |
| FIGURA N° 72. ENCENDEMOS LOS FOCOS Y ANOTAMOS LAS VARIACIONES..... | 107 |
| FIGURA N° 73. ABRIENDO LA VÁLVULA DE LA RED GENERAL..... | 107 |
| FIGURA N° 74. LLENAMOS LA CUBA HASTA EL VERTEDERO DE DEMASÍA, PARA OBTENER CARGA CONSTANTE..... | 108 |
| FIGURA N° 75. ABRIMOS LA VÁLVULA DE INGRESO DE COLORANTE..... | 108 |
| FIGURA N° 76. ABRIMOS LA VÁLVULA DE SALIDA..... | 109 |
| FIGURA N° 77. CERRAMOS LA VÁLVULA DE SALIDA, HASTA QUE ALCANZAMOS UN FLUJO LAMINAR..... | 109 |
| FIGURA N° 78. OBTENEMOS EL CAUDAL DE UN CUBO VOLUMÉTRICO CALIBRADO Y DEL TIEMPO..... | 110 |
| FIGURA N° 79. ABRIMOS LA VÁLVULA DE SALIDA Y GENERAMOS UN FLUJO TURBULENTO..... | 110 |
| FIGURA N° 80. OBTENEMOS EL CAUDAL PARA FLUJO TURBULENTO..... | 111 |
| FIGURA N° 81. CON LA AYUDA DEL SEÑOR VÍCTOR, ARMAMOS EL CORRENTÓMETRO..... | 111 |
| FIGURA N° 82. INGRESAMOS EL CORRENTÓMETRO EN EL FLUJO..... | 112 |
| FIGURA N° 83. TOMAMOS LOS DATOS..... | 112 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado a realizar una propuesta de guías y protocolos para ensayos del laboratorio de hidráulica de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte; en el cual tanto los docentes como alumnos, realizan actividades como desarrollo de clases o investigación. El laboratorio de hidráulica, no cuenta con guías y protocolos estandarizados para el desarrollo de ensayos dentro del laboratorio; por lo que el objetivo principal del presente es establecer y validar guías y protocolos a seguir para los ensayos en el laboratorio de hidráulica de la carrera de Ingeniería Civil de la UPNC. La metodología empleada se basó principalmente en el uso de métodos propuestos para otros laboratorios, contando con la experiencia de profesionales en dicha rama. Para la validación se utilizó la metodología del Alfa de Cronbach, que viene a ser un coeficiente que permite medir la fiabilidad de una escala de medida, utilizando para la presente investigación, la escala de Likert. Para poder realizar las guías con sus respectivos protocolos, se tuvo que realizar ensayos en cada uno de los equipos del laboratorio de hidráulica y para llevar a cabo la validación de estas guías y protocolos, se necesitó de la colaboración de expertos en la materia, siendo estos los docentes (Ingenieros Civiles) de la carrera de Ingeniería Civil, los encargados de validar debido a su experiencia y a sus conocimientos adquiridos. Como resultado obtuvimos que la validación de guías y protocolos de ensayos del laboratorio de hidráulica de la Universidad Privada del Norte Cajamarca, reportó un nivel de confianza promedio de 96.64%. Concluyendo así que la validación de guías y protocolos para ensayos en el laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, no cumple con la hipótesis, puesto que esta solo alcanzaba un 85% de confiabilidad y la validación la supera con un 96.64%.

ABSTRACT

The present research work is focused to make a proposal of guides and protocols for tests of the hydraulic laboratory of the Civil Engineering career of the Universidad Privada del Norte; In which both teachers and students perform activities such as class development or research. The hydraulic laboratory does not have standardized guidelines and protocols for the development of tests within the laboratory; So the main objective of the present is to establish and validate guides and protocols to be followed for the tests in the hydraulic laboratory of the career of Civil Engineering of the UPNC. The methodology used was based mainly on the use of methods proposed for other laboratories, counting on the experience of professionals in this branch. For the validation, the Cronbach's alpha methodology was used, which is a coefficient that allows to measure the reliability of a measurement scale, using the Likert scale for the present investigation. In order to carry out the guides with their respective protocols, it was necessary to carry out tests in each one of the equipment of the hydraulic laboratory and to carry out the validation of these guides and protocols, it was necessary of the collaboration of experts in the matter, being These teachers (Civil Engineers) of the Civil Engineering career, in charge of validating due to their experience and their knowledge acquired. As a result, we obtained that the validation of guides and test protocols of the hydraulic laboratory of the Universidad Privada del Norte Cajamarca, reported an average confidence level of 96.64%. Concluding that the validation of guides and protocols for tests in the hydraulic engineering laboratory of the Private University of the North, does not comply with the hypothesis, since this only reached an 85% of reliability and the validation surpasses it with a 96.64 %.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años, se ha verificado el creciente interés de los laboratorios por incorporar asuntos de la calidad en su gestión. Estos procesos son un medio para alcanzar una serie de objetivos y el deseo de aprovechar estas oportunidades como plataformas para mejorar la estructura de una organización y la competencia de los laboratorios (Castrejón & Huaripata, 2016).

Los trabajos desarrollados por los laboratorios tienen en cuenta los conceptos más recientes de aseguramiento de la calidad con el propósito de optimizar los servicios que prestan. En esta forma se busca satisfacer al cliente realizando proyectos que respondan a sus necesidades y expectativas, aplicando disposiciones que conduzcan a la obtención de soluciones, diseños y servicios con la mayor probabilidad de éxito, bajo los reglamentos y las normas de calidad aplicables (Botía, 2004)

En base a la Norma ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”, se busca un ordenamiento de las actividades a través de la elaboración de protocolos, procedimientos, formación y entrenamiento del personal, así como tener trazabilidad en las mediciones; cuya finalidad es emitir resultados válidos y confiables en el desarrollo de trabajos de investigación (Castrejón & Huaripata, 2016)

Un protocolo representa una secuencia de operaciones que habitualmente son escritas en lenguaje natural. (Giraldo, 2011). Estos protocolos se presentan a manera de "receta" proporcionando paso a paso la descripción de procesos. Dicha secuencia de tareas y operaciones en la investigación experimental son consideradas unidades fundamentales de conocimiento. (M.Sc: Torres et al, 2015)

Los investigadores siguen y generan protocolos en sus actividades diarias, es así, como los protocolos experimentales reflejan las habilidades o conocimientos prácticos generados en un laboratorio, los cuales luego son compartidos y adaptados para diversos propósitos (Giraldo, 2011).

En Estados Unidos, diversas universidades y escuelas de graduados cuentan con laboratorios equipados con aparatos de investigación desde los moderados hasta los más avanzados en cuanto a tecnología, para responder a las necesidades de ese país en términos de investigación y entrenamiento de futuros científicos y académicos universitarios. (Lugo, 2006)

Las universidades buscan implementar protocolos para sus laboratorios puesto que, la mayoría de las actividades se desarrollan en los laboratorios y pueden presentar algún grado de riesgo para los docentes, alumnos, funcionarios y usuarios en general si no hay guías y protocolos que indiquen como realizar sus ensayos (Subdirección de Gestión y Estudios-PUC, 2013).

La carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca (en adelante UPNC), cuenta con 1300 estudiantes, hasta el ciclo 2016-1, en su totalidad, los cuales durante su formación profesional desarrollan prácticas de laboratorio, como base de crear conocimientos complementarios a los teóricos. La carrera de Ingeniería Civil presenta como componente de su infraestructura laboratorio de suelos, concreto e hidráulica, en los cuales se desarrollan temas de clase e investigaciones (Castrejón & Huaripata, 2016).

Según el estudio de investigación “Diagnóstico Situacional del Uso de Laboratorios de Mecánica de Suelos, Concreto e Hidráulica de la Universidad Privada Del Norte y Elaboración de Propuestas de Mejora, 2015” elaborado por (Minchán, 2015), en la cual realizan un diagnóstico de los laboratorios en mención y concluyen que existe una serie de deficiencias en el desarrollo de ensayos en dichos laboratorios debido a la inexistencia de protocolos y guías.

En dichos laboratorios existen deficiencias que impiden el desarrollo correcto de los ensayos, lo cual no garantiza la calidad y confiabilidad de resultados obtenidos. Los usuarios desconocen los procedimientos de ensayo y no se cuentan con adecuados protocolos que permitan recabar información de los ensayos, lo cual conlleva a deficientes investigaciones (Castrejón & Huaripata, 2016).

En el laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil de la UPNC, existen deficiencias al momento de realizar los ensayos, ya que no existen protocolos y guías adecuados a los equipos que garanticen confiabilidad en los resultados que se obtengan, así mismo existen equipos que a la actualidad no se encuentran al 100% de su funcionalidad.

Por tal motivo buscamos llenar los vacíos que se presentan al momento de realizar los ensayos en laboratorio, es por ello que en la presente investigación buscamos establecer una guía a seguir para trabajar en forma eficiente y segura al interior del laboratorio de hidráulica, dando a conocer a los usuarios, cuales son los procedimientos de los ensayos, que se deben seguir para garantizar la calidad y confiabilidad de resultados.

1.2. Formulación del problema

¿Existe confiabilidad en los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil de la UPNC?

1.3. Justificación

En la actualidad existe una gran variedad de estudios relacionados guías y protocolos de laboratorios, pero muy pocos para ensayos de laboratorio en hidráulica. Por lo tanto, la presente investigación tiene por finalidad brindar guías y protocolos para ensayos de laboratorio de hidráulica y así poder garantizar la calidad y confiabilidad de resultados de los ensayos que se desarrollen.

1.4. Limitaciones

- En el transcurso de los ensayos para elaborar las guías y protocolos, se presentó poca disponibilidad del laboratorio de hidráulica.

1.5. Delimitaciones

- La investigación se desarrollará para una institución específica, en este caso para UPNC.
- La metodología a utilizar para validar las guías y los protocolos será alfa de Cronbach.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de guías y protocolos para ensayos del laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil de la UPNC.

1.6.2. Objetivos específicos.

1. Proponer protocolos de ensayos para el laboratorio de Hidráulica.
2. Proponer guías para los ensayos en el laboratorio de Hidráulica.
3. Validar y evaluar a través de la metodología del Alfa de Cronbach los protocolos y guías propuestos.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La importancia de los laboratorios tanto en la enseñanza de las ciencias como en la investigación y en la industria es, sin duda alguna, indiscutible. No se puede negar que el trabajo práctico en laboratorio proporciona la experimentación y el descubrimiento y evita el concepto de “resultado correcto” que se tiene cuando se aprenden de manera teórica, es decir, sólo con los datos procedentes de los libros. Sin embargo, el uso de laboratorios requiere de tiempo adicional al de una clase convencional, por ejemplo, para descubrir y aprender de los propios errores. En términos generales, un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medición, entre otros, donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se enfoque. Dichos espacios se utilizan tanto en el ámbito académico como en la industria y responden a múltiples propósitos, de acuerdo con su uso y resultados finales, sea para la enseñanza, para la investigación o para la certificación de la industria. Prácticamente todas las ramas de las ciencias naturales se desarrollan y progresan gracias a los resultados que se obtienen en sus laboratorios, por lo tanto, estos deben de contar con protocolos validados. (Lugo, 2006)

Un protocolo representa una secuencia de operaciones que habitualmente son escritas en lenguaje natural. (Giraldo, 2011). Estos protocolos se presentan a manera de "receta" proporcionando paso a paso la descripción de procesos. Dicha secuencia de tareas y operaciones en la investigación experimental son consideradas unidades fundamentales de conocimiento (M.Sc: Torres et al, 2015).

Lo más importante, de los protocolos experimentales radica en su esencialidad para el avance de la investigación en un dominio contextual, toda vez, que se representan como piezas centrales en los esfuerzos de reutilización y reproducibilidad (Giraldo, 2011).

La descripción formal de experimentos para el análisis eficiente, anotación y el intercambio de resultados es una parte fundamental de la práctica de la ciencia. (Rey & Soldatova, 2006)

En la actualidad los principales trabajos de formalización, se han concentrado en dominios como bioinformática, la astronomía , la biología y la genética , pero pese a los grandes esfuerzos los trabajos en otros campos son incipientes o nulos, tal es caso de la Ingeniería Civil; en cuyo desarrollo científico, los investigadores implementan protocolos, para documentar actividades experimentales en áreas como: concreto y pavimento, estructuras, hidráulica, suelos y geología física (por citar algunos). En cada una de esas áreas, un investigador define y realiza protocolos experimentales específicos que proporcionan información relacionada con los recursos usados, los datos empleados, las actividades ejecutadas, los éxitos o fracasos alcanzados, los tiempos consumidos, las fechas de registro, los resultados obtenidos y las conclusiones formuladas, junto con algunas

otras anotaciones relacionadas. Con el objetivo de hacer explícito el conocimiento registrado en los protocolos experimentales del dominio de la ingeniería civil y lograr un mayor entendimiento por un grupo de individuos y por una máquina (Rey & Soldatova, 2006)

En la investigación titulada “Experiencias en la validación de procedimientos analíticos en el Laboratorio de Ensayos del Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey, Cuba” realizada por (Montalván , Veitia, & Gonzáles , 2011) dice que la validación de ensayos es uno de los requisitos técnicos al que se ha dedicado especial atención, bajo el principio de que debe existir un equilibrio entre los costos y la calidad de los resultados obtenidos. Haciendo mención que el Laboratorio de Ensayos del Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey (CIAC) se ha especializado durante los últimos 10 años en el análisis de aguas y aguas residuales, como parte de su participación en servicios a clientes (fundamentalmente del sector industrial) y en proyectos de investigación. Así mismo concluye que la verificación de los ensayos ha contribuido a satisfacer importantes requisitos técnicos exigidos por normas internacionales, y favorecerá la satisfacción de los clientes.

La norma ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”, busca un ordenamiento de las actividades a través de la elaboración de protocolos, procedimientos, formación y entrenamiento del personal, así como tener trazabilidad en las mediciones; cuya finalidad es emitir resultados válidos y confiables en el desarrollo de trabajos de investigación, es así que plantea que la validación es la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto.

En la investigación “validación de métodos de ensayo y estimación de la incertidumbre de medida conforme a la norma ISO/IEC 17025-Aplicación al análisis de aguas residuales y continentales” elaborada por (Hernández, 2013) en la cual hace mención que antes de poner en práctica un método de ensayo, los laboratorios deben validarlo para demostrar que cumple los requisitos particulares para su uso específico previsto. Para llevar a cabo esta tarea el laboratorio debe realizar una serie de ensayos que confirmen las características técnicas del método tales como veracidad, precisión, incertidumbre. Este requisito es obligatorio para todos los laboratorios que pretenden acreditarse de acuerdo a la norma ISO 17025.

En Lima el 16 de enero del año 2003, mediante resolución de la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (CRT) N° 0008-2003/INDECOPI-CRT, *aprueban guía para la validación de métodos de ensayos y las directrices para la implementación y evaluación de métodos de ensayo sensoriales*; en donde se establecen criterios homogéneos que orienten la actuación de los Laboratorios de Ensayo acreditados, así como a los laboratorios que soliciten acreditación de este tipo de métodos de ensayo. (INDECOPI-CRT, 2003). Con el objeto de crear un documento para los laboratorios de

ensayos, otorgándoles criterios objetivos de validación de métodos de ensayo, de modo que puedan demostrar que un método de ensayo ejecutado en la condiciones del laboratorio, tiene las características necesarias para la obtención de resultados confiables, lo cual influye la calidad del resultado (Castrejón & Huaripata, 2016).

En la investigación titulada “Diagnóstico Situacional del Uso de Laboratorios de Mecánica de Suelos, Concreto e Hidráulica de la Universidad Privada Del Norte y Elaboración de Propuestas de Mejora, 2015”, elaborada por Dante Omar Minchán Saldaña, en la cual realiza un análisis de FODA a los laboratorios de suelo, concreto, detectando lo siguiente:

- No se ha estandarizado la información que se le debe dar al usuario, a pesar que se tiene algunos instructivos generados por los docentes.
- No existen manuales de procedimientos formales para uso de los usuarios del laboratorio.

Para lo cual propone la implementación de un Manual de Calidad y un Manual de Procedimientos.

En la tesis denominada “Propuesta de validación de guías y protocolos de ensayos de los laboratorios de suelos y concreto de ingeniería civil Universidad Privada del Norte Cajamarca-2016” elaborado por Castrejón, J & Huaripata, C; en la cual tiene como objetivo validar guías y protocolos de ensayos de los laboratorios de Suelos y Concreto de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte Cajamarca (Alfa de Cronbach), basándose principalmente en el uso de métodos estandarizados y uso de normativas desarrolladas por organismos reconocidos en el ámbito nacional e internacional. Concluyendo que la metodología utilizada les reporto un nivel de confianza promedio de 93.51%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Protocolos y guías base de la calidad.

El protocolo podría definirse como un documento que contiene, con el máximo posible de detalle, precisión y claridad pertinente, el plan de un proyecto de investigación científica. (Canales et al, 1986)

Un protocolo, en términos generales, es definido como un acuerdo entre profesionales expertos en un determinado tema y en el cual se han clarificado las actividades a realizar ante una determinada tarea. (Consejería de Salud, 2009)

Las guías contienen un resumen a detalle el procedimiento de ensayo. La aplicación de estas guías deberá ser siguiendo exactamente el proceso descrito, sin que sea alterado ninguno de los pasos para así evitar errores e imprecisiones en los resultados. (Castrejón & Huaripata, 2016)

La “calidad” dentro de la historia de la humanidad es necesario remontarnos a los primeros esfuerzos de producción de productos y servicios. Era motivo de gran orgullo para el fabricante que su producto cumpliera correctamente con la función para la cual había sido fabricado y por lo mismo la calidad

con que se fabricaba algún producto o como se brindaba algún servicio comenzó a ser un factor cada vez más importante en los procesos de producción. Durante la Edad Media se comenzó a utilizar marca en los productos lo que generó un gran interés por mantener una buena reputación de la marca, pues esta dependía la reputación de la persona (Castrejón & Huaripata , 2016)

En el año 1924, Walter A. Shewhart, trabajador de los laboratorios Bell Telephone Company, desarrolló la técnica denominada Control de Calidad Estadística CCE, la cual consiste en marcar datos estadísticos en gráficas especiales. Esta técnica se empezó a aplicar después de la Segunda Guerra Mundial, debido a que de EE.UU. comenzó a exigir a la industria grandes cantidades; por lo cual se proporcionó cursos sobre las técnicas estadísticas desarrolladas por Bell Telephone Company (Ordoñez, 2007).

Debido a que la comunidad europea cuenta con una gran diversidad de idiomas, monedas, tecnologías y regulaciones, por ellos crearon la International Organization for Standardization ISO, que tendría como función la elaboración de normas que produjeran los mismos resultados en todos los países sin importar sus diferencias. Los trabajos de esta normatividad comenzaron en 1979, hasta su publicación en 1987 con las cinco normas sobre el aseguramiento de la calidad ISO 9000 (Ordoñez, 2007)

La mayoría de los países han adoptado las normas ISO 9000 y han creado un equivalente nacional. En Perú se denominan normas NTP, las cuales generan un sistema estándar de calidad (Castrejón & Huaripata, 2016).

2.2.2. Definición de calidad.

Grado en el que un conjunto de características inherentes a un objeto (producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso) cumple con los requisitos (International Organization for Standardization (ISO), 2005).

2.2.3. Sistemas de Gestión de Calidad.

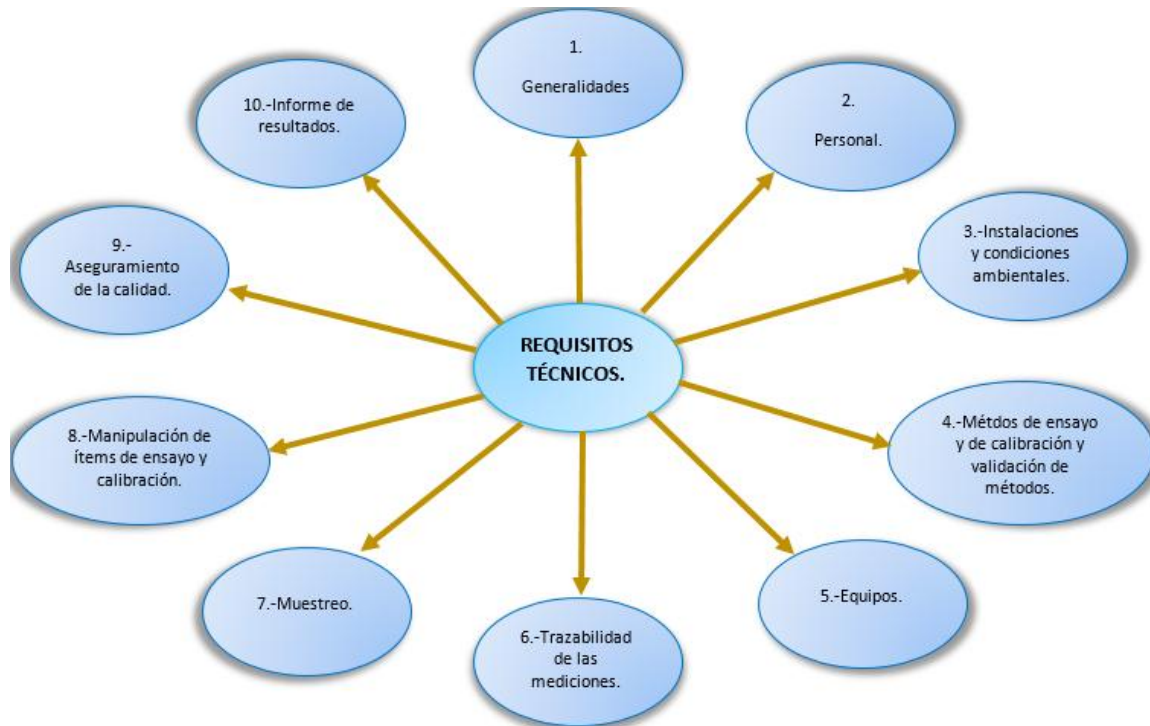
Un sistema de gestión es un conjunto de elementos (procesos, procedimientos, estructura organizacional y recursos) mutuamente relacionados que interactúan y definen su interacción mediante objetivos de calidad y una política en forma coordinada para dirigir y controlar una organización de manera eficiente y eficaz (Ruiz, 2008).

2.2.4. Norma ISO/IEC 17025:2005

Establece criterios para laboratorios de ensayos o calibración que desean demostrar su competencia técnica, que poseen un sistema de calidad efectivo y que tiene la capacidad de producir resultados técnicamente válidos, El principal objetivo de esta norma es establecer requisitos generales para satisfacer la competencia de los laboratorios al realizar ensayos o calibraciones, incluyendo muestreo. Esta consta de cinco capítulos los tres primeros hacen referencia objeto, alcance, referencia normativa, términos y definiciones, el capítulo cuatro define los requisitos de

gestión correspondiente a la certificación del Sistema de Calidad y el capítulo cinco establece los requisitos técnicos, para el personal, instalaciones y condiciones ambientales, equipos, procedimientos, garantía de calidad de informes, con los cuales se puede generar resultados técnicamente válidos. (Ruiz, 2008)

Figura n° 1: Requisitos Técnicos de la Norma ISO 17025



Fuente: (Lugo, 2006)

2.2.5. Objetivos de la Calidad en los laboratorios.

- Satisfacer las expectativas de los clientes en relación a la calidad de los servicios de los Laboratorios.
- Asegurar la confiabilidad de los resultados de los ensayos.
- Asegurar la competencia del personal involucrado en la prestación de servicios que pertenecen al sistema de la calidad.
- Mejorar continuamente el sistema de la calidad implementado.
- Trabajar en conformidad con estándares internacionales de aseguramiento de la calidad y competencia técnica (González de Olarte, 2010).

2.2.6. Validación.

La validación es la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto. (International Organization for Standardization (ISO), 2005)

La validación de un método de ensayo establece, mediante estudios sistemáticos de laboratorio, que las características técnicas de dicho método cumplen las especificaciones relativas al uso previsto de los resultados analíticos (INDECOPI-CRT, 2003)

Es la verificación de determinados parámetros de un método en la que los requisitos especificados para estos, demuestran que el método es idóneo para un uso previsto.

La validación de un método analítico es un paso fundamental para asegurar que los resultados entregados por dicho método son confiable. Cuando se realiza la validación de un método por parte del laboratorio, lo que se busca es poder determinar con fundamento estadístico que el método es adecuado para los fines previstos. En este sentido, es importante que para el proceso de validación se asigne a un responsable de realizar dicha tarea. De manera que, la validación se efectúe en forma metódica, ordenada, trazable y confiable. Es importante que el laboratorio tenga claridad antes de iniciar la validación de cuáles son los requerimientos del método para establecer el alcance de la validación (Rojas , 2010)

2.2.7. Confiabilidad

La confiabilidad se refiere a la consistencia de los resultados. En el análisis de la confiabilidad se busca que los resultados de un cuestionario concuerden con los resultados del mismo cuestionario en otra ocasión. Si esto ocurre se puede decir que hay un alto grado de confiabilidad. También se habla de confiabilidad cuando dos o más evaluadores evalúan al mismo estudiante sobre el mismo material y se obtienen puntuaciones semejantes. (Castrejón & Huaripata, 2016)

2.2.8. Alfa de Cronbach

Hace ya más de 60 años que se publicó el trabajo en que se presentó por vez primera el denominado alfa de Cronbach y a partir de ese momento este coeficiente se estableció como un índice para evaluar el grado en que los ítems de un instrumento están correlacionados. (González & Santacruz, 2015)

El método alfa de Cronbach permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través de un conjunto de ítems que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica. La validez de un instrumento se refiere al grado en que el instrumento mide aquello que pretende medir. Y la fiabilidad de la consistencia interna del instrumento se puede estimar con el alfa de Cronbach. La medida de la fiabilidad mediante el alfa de Cronbach asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1 mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. La fiabilidad de la escala debe obtenerse siempre con los datos de cada muestra para garantizar la medida fiable del constructo en la muestra concreta de investigación. (González & Santacruz, 2015)

Como criterio general se sugiere las recomendaciones siguientes para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach.

- Coeficiente alfa $>.9$ es excelente
- Coeficiente alfa $>.8$ es bueno

- Coeficiente alfa $>.7$ es aceptable
- Coeficiente alfa $>.6$ es cuestionable
- Coeficiente alfa $>.5$ es pobre
- Coeficiente alfa $<.5$ es inaceptable.

La fórmula del coeficiente de alfa de Cronbach es:

$$\alpha = \left[\frac{K}{K-1} \right] * \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_t^2} \right] \dots \text{(ecuación 1)}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^K S_i^2$: es la suma de varianzas de cada aspecto a validar.

S_t^2 : es la varianza del total de filas (puntaje de los expertos).

K: es el número de aspectos a validar. (González & Santacruz, 2015)

2.2.9. Escala de Likert

La escala de Likert es una de las más utilizadas en la medición de actitudes, inspirada probablemente en la teoría factorial de aptitudes de Charles Spearman, quien construyó un método sencillo por la simplicidad de su elaboración y aplicación (Ospina , 2003).

La escala de Likert mide actitudes o predisposiciones individuales en contextos sociales particulares. Se le conoce como escala sumada debido a que la puntuación de cada unidad de análisis se obtiene mediante la sumatoria de las respuestas obtenidas en cada ítem.

La escala se construye en función de una serie de ítems que reflejan una actitud positiva o negativa acerca de un estímulo o referente. Cada ítem está estructurado con cinco alternativas de respuesta, según (Llauradó, 2014):

- (1) Excelente
- (2) Muy Bien
- (3) Bien
- (4) Regular
- (5) Deficiente

La unidad de análisis que responde a la escala marcará su grado de aceptación o rechazo hacia la proposición expresada en el ítem. Los ítems por lo general tienen implícita una dirección positiva o negativa (Ospina , 2003).

2.2.10. Tipos de ítem Likert (Llauradó, 2014)

Podemos utilizar el ítem Likert para medir diferentes actitudes de un encuestado. Por ejemplo, podemos emplearlo para descubrir:

- El **nivel de acuerdo** con una afirmación.
- La **frecuencia** con la que se realiza cierta actividad.

- El nivel de **importancia** que se atribuye a un determinado factor.
- La **valoración** de un servicio, producto, o empresa.
- La **probabilidad** de realizar una acción futura.

2.2.11. ¿Cuántos niveles debe tener el ítem? (Llauradó, 2014)

Entre los investigadores no hay un consenso claro al respecto. Probablemente el ítem más utilizado sea el de 5 niveles, pero también se utilizan de 4, 7, o 10. Lo que sabemos es que añadir niveles redundante en la obtención de unas valoraciones más diversas.

Por otro lado, hay estudios que concluyen que, a partir de 8 niveles, los resultados obtenidos son los mismos que con 8, con lo que añadir niveles no redundará en una mayor variación en los resultados. Parece pues que lo óptimo son los ítems con 7 u 8 niveles.

2.2.12. ¿Cómo tratar los resultados? (Llauradó, 2014)

Una vez terminado el cuestionario, cada ítem puede ser analizado separadamente o bien, en determinados casos, las respuestas de un conjunto de ítems Likert pueden sumarse y obtener un valor total. El valor asignado a cada posición es arbitrario y lo determinará el propio investigador / diseñador de la encuesta. Dado este valor, podremos calcular la media, la mediana, o la moda. La mediana y la moda son las métricas más interesantes, dado que hacer una interpretación de la media numérica si manejamos categorías como “de acuerdo” o “en desacuerdo”, no nos aportará mucha información.

2.2.13. Ventajas del ítem Likert. (Llauradó, 2014)

- Desde el punto de vista del diseño del cuestionario, es una escala fácil de construir.
- Desde el punto de vista del encuestado, le ofrecemos la facilidad de poder graduar su opinión ante afirmaciones complejas.

2.2.14. Inconvenientes del ítem Likert . (Llauradó, 2014)

- Por un lado, dos personas pueden obtener el mismo valor en la escala Likert, habiendo realizado elecciones diferentes.
- Es difícil tratar las respuestas neutras, del tipo “ni de acuerdo ni en desacuerdo”.
- Los encuestados tienden a estar de acuerdo con las afirmaciones presentadas.

2.2.15. Laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil Universidad Privada del Norte Cajamarca

El Laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil está orientado hacia la prestación de servicios de ensayos realizados por estudiantes, bachilleres y docentes. A continuación, se describirá cada uno de los equipos de hidráulica con los que cuenta la UPNC, describiendo así los ensayos que se desarrollan en cada uno de estos.

2.2.15.1. Banco de pérdida en tuberías.

a. INTRODUCCIÓN

Según (Hernández, 2010), a medida que un fluido fluye por un conducto, tubo o algún otro dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción que hay entre el líquido y la pared de la tubería; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.

En estructuras largas, las pérdidas por fricción son muy importantes, por lo que ha sido objeto de investigaciones teórico-experimentales para llegar a soluciones satisfactorias de fácil aplicación.

b. EXPERIENCIAS SUGERIDAS

- Medir la pérdida de carga debido a la fricción en el flujo de agua a través de una tubería.
- Medir las pérdidas de carga locales, por accesorios.

c. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo está diseñado para facilitar su manejo con varias posibilidades de intercambiar tuberías, piezas y accesorios, esto debido a su facilidad de rápido empalme entre ellas, haciendo de esta manera un equipo versátil y moderno.

Pérdidas de carga en conductos rectilíneos:

Si el flujo es uniforme, es decir que la sección es constante y por lo tanto la velocidad también es constante, el principio de Bernoulli entre dos puntos puede escribirse de la siguiente forma:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + EA - EE - EP = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots \text{(ecuación 2)}$$

Donde:

Z_n : Energía potencial (m).

$\frac{P_n}{\gamma_n}$: Energía de presión (metros de columna de agua (m.c.a)).

$\frac{V_n^2}{2g}$: Energía cinemática (m).

EA : Energía añadida (m).

EE : Energía extraída (m).

EP : Energía perdida (m).

P_n : Presión en el punto (kg-f/m²).

1 m.c.a=1000kg-f/m².

γ_n : Peso específico del líquido; si es agua entonces= 1000Kg-f/m³.

V_n : Velocidad (m/s).

g: Gravedad (m/s²).

Pérdidas de cargas locales:

Las pérdidas de carga localizadas o accidentales se expresan como una fracción o un múltiplo de la llamada Altura de Velocidad de la forma.

$$h_l = k \left(\frac{V^2}{2g} \right) = \frac{8kQ^2}{g\pi^2 D^4} \quad \dots \text{ (ecuación 3)}$$

Donde:

k: Coeficiente para cada tipo de accesorio.

V: Velocidad.

g: Gravedad.

Q: Caudal.

D: Diámetro interno.

Pérdidas de carga por fricción:

La pérdida de carga que se da en una conducción, representa la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma por efecto del rozamiento. En este caso se utilizará la fórmula de Hazen y Williams:

$$h_f = \left(\frac{3.5908QL^{0.54}}{CD^{2.63}} \right)^{1.85} \quad \dots \text{ (ecuación 4)}$$

Donde:

Q: Caudal (l/s).

L: Longitud (m).

D: Diámetro (m).

C: Coeficiente de fricción de Hazen y Williams.

Energía perdida:

La energía perdida se calculará con la siguiente fórmula:

$$EP = h_f + h_l \quad \dots \text{ (ecuación 5)}$$

h_f: Pérdidas de carga por fricción (m).

h_l: Pérdidas de carga locales (m).

d. MODO DE USO

- Abrir la válvula compuerta que se encuentra debajo del canal de pendiente variable.
- En la parte posterior de la estructura circular se tiene un tablero de mando eléctrico compartido con el canal de pendiente variable.
- Para poner en marcha solo presionar la botonera verde (ON), rojo (OFF). La electrobomba de 5 HP que está debajo del canal de pendiente variable empezará a funcionar y succionar e impulsar el agua hacia la zona cilíndrica, el que nos proporciona carga constante para las pruebas a realizar.

- Cerciorarse que el volumen de agua de la cisterna sea lo suficiente, puede ser mayor pero nunca menor que la altura de rebose, de ser así podríamos succionar aire y malograr la electrobomba.
- Abrir la válvula de salida de agua, para cada tubería.
- Abrir la válvula de entrada de agua para cada tubería.
- Dejar trabajar unos minutos para evacuar burbujas de aire y que el funcionamiento sea homogéneo, escogemos la tubería de prueba.
- Cerrar la válvula de ingreso de agua y tomar la lectura del medidor, según la tubería que se esté ensayando.
- Abrir la válvula de ingreso de agua tomando medida del tiempo desde ese instante hasta el término de la prueba.
- Tomar las longitudes de las tuberías sin considerar el accesorio, tomando nota del tipo de accesorio que se encuentra en cada tramo de tubería.
- Tomar lectura de las alturas de columna de agua que se visualiza en el piezómetro para cada uno de los tramos de tubería.
- Medir la carga de agua sobre el vertedero de 27° mediante un tubo comunicante utilizando el limnímetro, verificando que el nivel de agua sea constante.
- Cerrar la válvula de ingreso de agua de la tubería en que se esté trabajando, tomando el tiempo transcurrido desde la apertura de esta. Tomando en cuenta que la válvula de salida de agua siempre debe permanecer abierta.
- Tomar lectura del medidor de agua según la tubería que se esté trabajando.
- Para el apagado del equipo, cerrar la válvula de entrada del agua.
- En el tablero de mando eléctrico presionar la botonera roja (OFF).
- Finalmente cerrar la válvula de entrada del agua desde la electrobomba.

2.2.15.2 Canal de pendiente variable.

a. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

La pendiente es regulada manualmente mediante el giro de un eje roscado de $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ " por una manivela de $\varnothing 8$ ", con el que se garantiza un movimiento uniforme y milimétrico de la pendiente.

La pendiente del canal se lee porcentualmente en una varilla graduada. El punto de giro de la pendiente se da mediante dos chumaceras de $\varnothing 1$ ".

b. MODO DE USO

- Verificar que el nivel de agua en la cisterna sea el suficiente.
- Para poner en marcha la electrobomba se realiza desde el tablero eléctrico, poner la botonera 2 (Of-On), luego la botonera 2 (encendido de pantalla) e ir aumentando el caudal con la perilla 3, mediante giro a la derecha, para mayor caudal y giro a la izquierda para menor caudal, así regulamos el tirante requerido de prueba en el canal.

- El caudal se cuantifica en el vertedero triangular de salida de 53° 8' donde se lee la carga sobre el vertedero en el limnómetro instalado lateralmente, vía tubo comunicante la altura en mm, luego lo buscamos en la tabla, donde nos da en l/seg.
- Las pruebas de laboratorio (número de veces) dependerán del profesor de prácticas.
- Para el apagado igualmente se realiza en el tablero de mando disminuyendo el caudal con botonera 3, luego 2 y 2.

c. EXPERIENCIAS SUGERIDAS

2.2.15.2.1 Régimen hidráulico.

El flujo de canales abiertos tiene lugar cuando los líquidos fluyen por la acción de la gravedad y solo están parcialmente envueltos por un contorno sólido. En el flujo de canales abiertos, el líquido que fluye tiene superficie libre y sobre él no actúa otra presión que la debida a su propio peso y a la presión atmosférica. El flujo en canales abiertos también tiene lugar en la naturaleza, como en ríos, arroyos, etc., si bien en general, con secciones rectas del cauce irregulares. De forma artificial, creadas por el hombre, tiene lugar en los canales, acequias, y canales de desagüe. En la mayoría de los casos. Los canales tienen secciones rectas regulares y suelen ser rectangulares, triangulares o trapezoidales. También tienen lugar el flujo de canales abiertos en el caso de conductos cerrados, como tuberías de sección recta circular cuando el flujo no es a conducto lleno. (Alvadaró, 2008)

Los sistemas de canales abiertos se diseñan con el fin de transportar líquidos desde un lugar determinado hasta otro con una altura de cota menor a la inicial, manteniendo un caudal o una razón de flujo constante bajo la influencia de la gravedad. (Alvadaró, 2008)

El mecanismo principal que sostiene flujo en un canal abierto es la fuerza de gravitación. Por ejemplo, la diferencia de altura entre dos embalses hará que el agua fluya a través de un canal que los conecta. El parámetro que representa este efecto gravitacional es el Número de Froude, puede expresarse de forma adimensional. Este es útil en los cálculos del resalto hidráulico, en el diseño de estructuras hidráulicas y en el diseño de barcos. (Alvadaró, 2008)

Numero de Froude.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * h}} \quad \dots \text{ (ecuación 6)}$$

- h – Calado medio [m]
- v – Velocidad media [m/s]
- g - aceleración de gravedad [m/s²]

El flujo se clasifica como:

- $Fr < 1$, Flujo subcrítico, fluvial o tranquilo, tiene una velocidad relativa baja y la profundidad es relativamente grande, prevalece la energía potencial. Corresponde a un régimen de llanura.
- $Fr = 1$, Flujo crítico, es un estado teórico en corrientes naturales y representa el punto de transición entre los regímenes subcrítico y supercrítico.
- $Fr > 1$, Flujo supercrítico, rápido o torrencial, tiene una velocidad relativamente alta y poca profundidad prevalece la energía cinética. Propios de cauces de gran pendiente o ríos de montaña.

Elementos geométricos del canal:

- **Solera y cajeros:** La solera es la superficie del fondo del canal y los cajeros son las paredes laterales.
- **Superficie libre:** Lamina del fluido en contacto con la superficie.
- **Calado:** Altura del agua sobre la superficie del canal.
- **Calado medio:** Es la relación entre la sección mojada y el ancho de la superficie.

$$h = \frac{S}{L} \quad \dots \text{ (ecuación 7)}$$

2.2.15.2.2 Resalto hidráulico

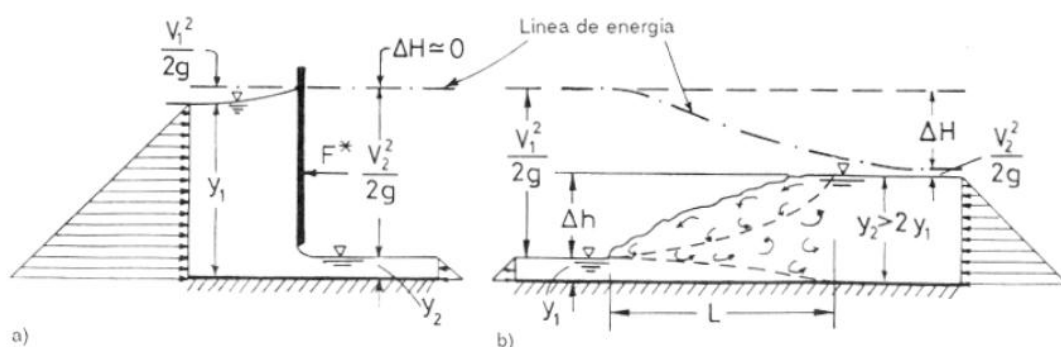
Según (CARRILLO, 2004), Los saltos hidráulicos ocurren cuando hay un conflicto entre los controles que se encuentran aguas arriba y aguas abajo, los cuales influyen en la misma extensión del canal. Por ejemplo, si el control de aguas arriba causa un flujo supercrítico cuando el control aguas abajo dicta un flujo subcrítico, entonces hay un conflicto que puede resolverse únicamente si existe algún medio por el cual el flujo pase de un régimen a otro. La evidencia experimental sugiere que el cambio del flujo de un régimen supercrítico a uno subcrítico puede ocurrir muy abruptamente mediante un fenómeno conocido como salto hidráulico. El salto hidráulico puede tener lugar ya sea, sobre la superficie libre de un flujo homogéneo o en una interface de densidad de un flujo estratificado. Las aplicaciones prácticas del resalto hidráulico son muchas en el campo de flujo de canales abiertos, ya que se utiliza para:

- Disipar la energía del agua que fluye sobre presas, vertederos y otras estructuras hidráulicas, y prevenir de esta manera la socavación aguas abajo de las estructuras.
- Recuperar altura o aumentar el nivel del agua en el lado de aguas abajo de una canaleta de medición y mantener un nivel alto del agua en el canal de irrigación o de cualquier estructura para distribución de aguas.

- Incrementar el peso sobre la zona de aguas abajo de la estructura y reducir la subpresión bajo la misma aumentando la profundidad del agua en su zona de aguas abajo.
- Aumentar el caudal por debajo de una compuerta deslizante manteniendo alejada la profundidad de aguas abajo, debido a que la altura efectiva se reducirá si la profundidad de aguas abajo ahoga el resalto (este principio lo aplicó Saugey a un aparato interesante conocido como incrementador de caída. El aparato se utiliza para incrementar la altura efectiva en una planta de generación hidroeléctrica durante los períodos de creciente manteniendo alejado el nivel de agua del lado de aguas abajo de la salida del tubo de aspiración mediante un resalto hidráulico).
- La remoción de bolsas de aire con flujo de canales abiertos en canales circulares y aireación el agua en sistemas de suministros urbanos.
- La identificación de condiciones especiales de flujo, como la existencia del flujo supercrítico o la presencia de una sección de control para la medición de la relación efectividad-costos del flujo mediante una estación de aforo.

La velocidad de propagación de las ondas es una función de su amplitud. Cuanto mayor sea la amplitud de la onda, tanto mayor será la velocidad de propagación, de tal manera que ondas de mayor altura pueden desplazarse hacia aguas arriba, incluso para flujo supercrítico. Por esta razón, si utilizando una compuerta se embalsa el flujo en el canal hasta alcanzar una profundidad determinada (inferior en régimen supercrítico, como en la figura n° 2- a) en la zona de aguas abajo, entonces comienza a desplazarse una onda hacia aguas arriba (denominada onda de sumersión). Si la velocidad del flujo supercrítico es exactamente igual a la velocidad de propagación de las ondas superficiales elementales, $V_c\sqrt{gy}$ para canales rectangulares, entonces la velocidad resultante de la onda es nula; es decir, la onda de sumersión permanece en su sitio. Una onda de sumersión de este tipo se denomina salto hidráulico (figura n° 2-b).

Figura n° 2: Cambio de régimen a) de subcrítico a supercrítico, b) de supercrítico a suscritico (salto hidráulico)



Fuente: (CARRILLO SÁNCHEZ , 2004)

Un salto hidráulico se formará en una conducción si el flujo es supercrítico, es decir, si el número de Froude es mayor que uno. El salto hidráulico tiene muchas aplicaciones en la ingeniería, se utiliza como disipador de energía de las aguas que escurren sobre canalizaciones para prevenir la

erosión o socavación; para recuperar niveles de agua en canales con propósitos de medición o distribución de las aguas; también se utiliza como herramienta estructural para incrementar peso sobre un lecho amortiguador con la finalidad de reducir la presión hacia arriba; también tiene utilidad como aereador para fluidos que han sufrido confinamiento. (Insua & Gonzáles, 2006)

El salto hidráulico se formará, sólo si existen las siguientes condiciones:

- El número de Froude $F_1 > 1$

Los saltos sobre lecho horizontal son de varios tipos, han sido clasificados por los estudios del Bureau of Reclamation de acuerdo al número de Froude del flujo en la forma siguiente:

| Para valores de F_1 | Tipos de salto hidráulico |
|-----------------------|---------------------------|
| 1.0 a 1.7 | Ondular |
| 1.7 a 2.5 | Débil |
| 2.5 a 4.5 | Oscilante |
| 4.5 a 9. | Permanente |
| >9.0 | Fuerte |

Algunas de las características hidráulicas importantes son la pérdida de energía que se disipa por la presencia del salto y la longitud de éste:

-La pérdida de energía en el salto es igual a la diferencia de energías específicas antes y después del salto, se puede demostrar experimentalmente que la pérdida es:

$$h = E_1 - E_2 = \frac{(Y_2 - Y_1)^3}{(4Y_2Y_1)} \quad \dots \text{(ecuación 8)}$$

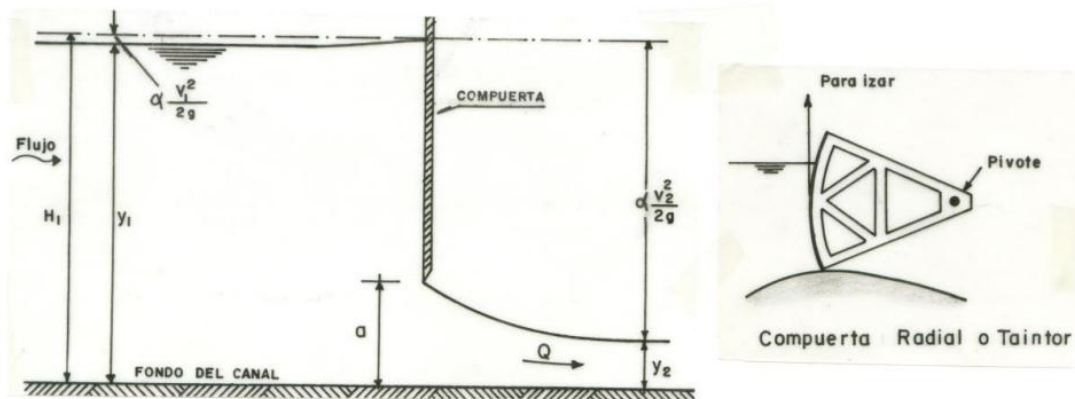
-La longitud del salto se define como la distancia desde la cara del frente del salto a un punto aguas debajo de la perturbación macro turbulenta. Diferentes investigadores han propuesto relaciones y gráficos para la estimación de la longitud del salto; a continuación, se muestra dos de las más aceptadas:

| Relaciones | Autor |
|------------------|---|
| $L=4.5(Y_2/Y_1)$ | Safranez |
| $L=5(y_2-y_1)$ | Miami Conservancy District (Insua & Gonzáles, 2006) |

2.2.15.2.3 Descargas a través de compuertas de fondo.

Una compuerta consiste en una placa móvil, plana o curva, que al levantarse permite medir el caudal que atraviesa un canal, presa, esclusa, obra de derivación y obras hidráulicas de gran envergadura, a la vez que regula la descarga producida (Marbello, 2005).

Figura n° 3: Flujo a través de una compuerta plana y de una compuerta radial.



Fuente: (Marbello Pérez, 2005)

1. Definición y uso.

Según (Sotelo, 1997), la compuerta tiene una abertura que generalmente se hace entre el piso de un canal y el borde inferior de la compuerta, por lo que su ancho coincide con el del canal; en estas condiciones el flujo puede considerarse bidimensional.

El caudal de una compuerta y las características hidráulicas de su descarga se pueden conocer a partir de cualquier método de aforo.

Las diferentes formas de las compuertas dependen de su aplicación, el tipo de compuerta a utilizar dependerá principalmente del tamaño y forma de la abertura, de la carga estática, del espacio disponible, del mecanismo de apertura y de las condiciones particulares de operación.

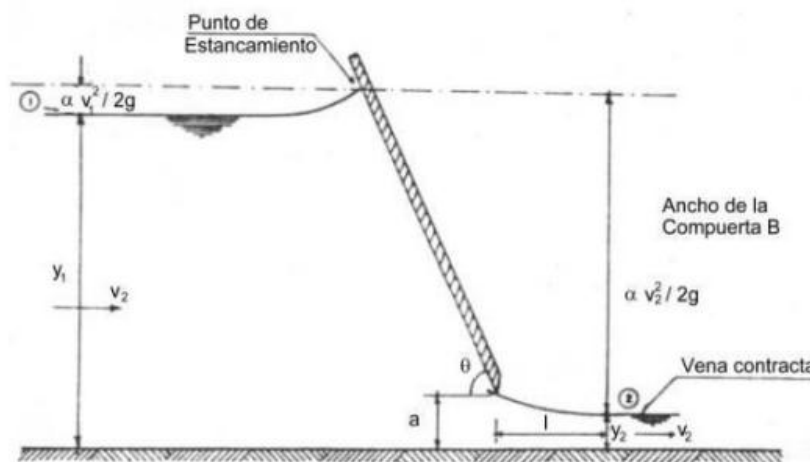
Algunos usos son:

- Control de flujo de agua
- Control de inundaciones
- Proyectos de irrigación
- Sistemas de drenaje
- Plantas de tratamiento

2. Compuerta plana

Son el tipo de compuertas que tienen propiedades hidráulicas cuando están bien calibradas, y pueden emplearse como medidores de flujo.

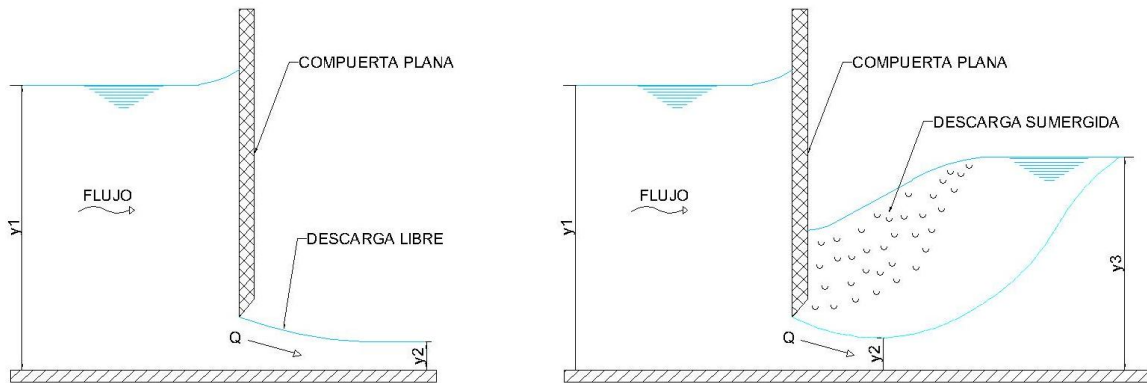
Figura n° 4: Compuerta plana



Fuente: (Sotelo, 1997)

Las compuertas planas según su flujo aguas abajo se clasifican en descarga libre y descarga sumergida.

Figura n° 5: Compuerta de descarga libre y sumergida.



Fuente: (Sotelo, 1997)

3. Principios hidráulicos en compuertas de fondo

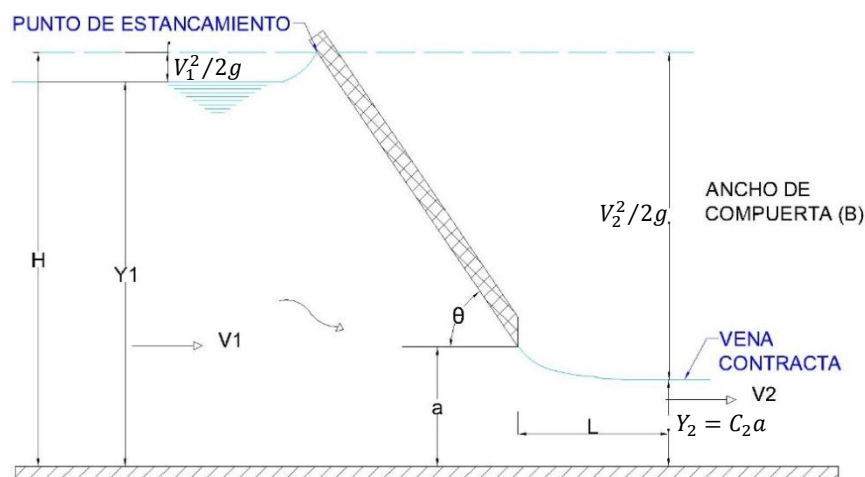
3.1. Compuertas de fondo

Es una estructura hidráulica que mide la cantidad de flujo que atraviesa un borde biselado en un área determinada, dicho flujo toca un punto en la compuerta.

3.2. Ecuaciones para el caudal de flujo a través de compuertas.

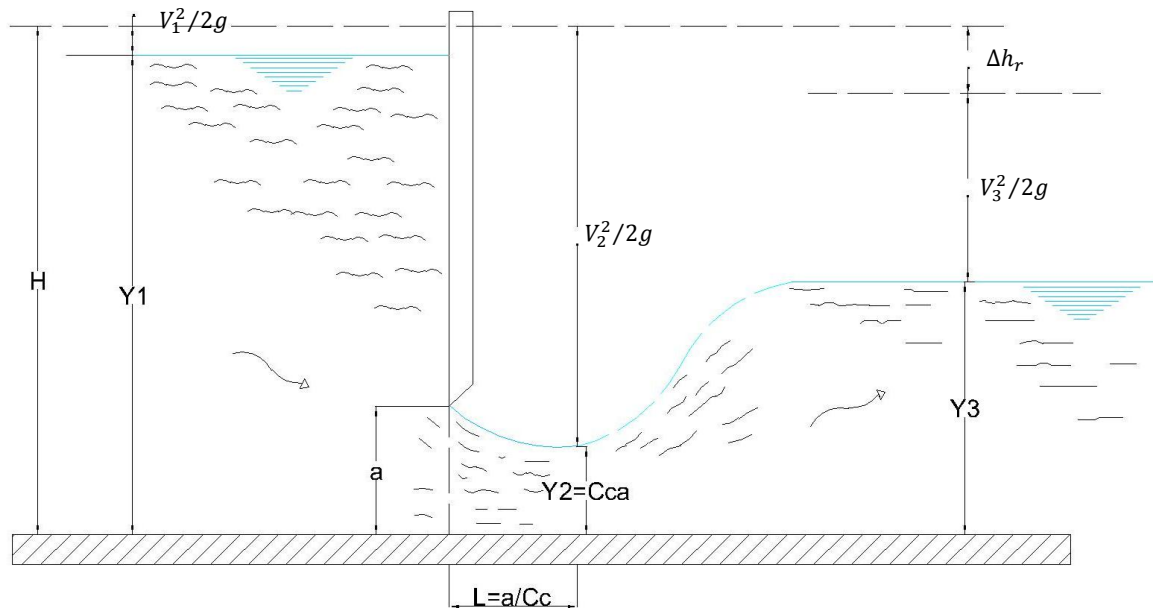
Para obtener la ecuación que proporcione el caudal, se considerará el caso más general de una compuerta plana, con una inclinación θ° respecto de la horizontal y un ancho b , y con $\theta^\circ = 90$ incluye el caso de la compuerta vertical.

Figura n° 6: Compuerta plana inclinada.



Fuente: (Sotelo Ávila, 1997)

Figura n° 7: Compuerta plana vertical.



Fuente: (Sotelo, 1997)

De donde tenemos:

$$H = Y_1 + \frac{V_1^2}{2g} : \text{Carga total aguas arriba de la compuerta} \quad \dots \text{ (ecuación 9)}$$

$$\frac{(V_1)^2}{2g} : \text{Carga de velocidad con que llega el agua en el canal, aguas arriba.} \quad \dots \text{ (ecuación 10)}$$

Y_1 : Tirante aguas arriba de la compuerta.

Y_2 : Tirante de la vena contracta aguas abajo de la compuerta. ($C_c * a$)

a = Abertura de la compuerta

b = Ancho de la compuerta

C_c = Coeficiente de contracción.

$$L = \frac{a}{C_c} \text{ longitud desde la compuerta hasta } Y_2 \text{ (Sección contracta)} \quad \dots \text{ (ecuación 11)}$$

Y_3 : Tirante normal (si las condiciones lo permiten), aguas abajo.

Δh_r = Pérdida de carga..

Para una sección rectangular, siendo el área $A=b*a$, la ecuación para el cálculo del caudal de descarga por la compuerta es:

$$Q = C_d b a \sqrt{2gY_1} \quad \dots \text{ (ecuación 12)}$$

Donde C_d es el coeficiente de descarga.

Coeficiente de contracción:

Para compuertas planas verticales este coeficiente lo han obtenido experimentalmente muchos investigadores a través de la geometría del flujo. Para determinar el coeficiente de contracción se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:

$$C_c = \frac{a}{L} \quad \dots \text{(ecuación 13)}$$

$$C_c = \frac{1}{2} \frac{a}{Y_1} \left(\frac{C_d}{C_v} \right)^2 + \sqrt{\left[\frac{1}{2} \frac{a}{Y_1} \left(\frac{C_d}{C_v} \right)^2 \right]^2 + \left(\frac{C_d}{C_v} \right)^2} \quad \dots \text{(ecuación 14)}$$

Coeficiente de velocidad:

Knapp propone una ecuación para calcular el coeficiente de velocidad en compuertas verticales con descarga libre, en función de la relación a/H . Para ser congruentes con los anteriores desarrollos, se ha modificado la ecuación para que la dependencia sea con a/Y_1 , como se muestra en la siguiente ecuación:

$$C_v = 0.960 + 0.0979 \frac{a}{y_1} \quad \dots \text{(ecuación 15)}$$

Tiene como límite superior $C_v=1$, el cual alcanza para $a/Y_1=0.408$

Coeficiente de descarga:

Para obtener el valor del caudal real del aforo en el flujo de compuertas planas el coeficiente de descarga se obtiene de la dependencia de los coeficientes anteriores:

$$C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{y_2}{y_1}}} \quad \dots \text{(ecuación 16)}$$

2.2.15.2.4 Flujo gradualmente variado.

Según (Insua & Gonzáles, 2006), se considera flujo gradualmente variado, al flujo permanente cuya profundidad varía suavemente en todo un tramo dentro de la longitud de un canal, es decir, que en el tramo se cumplen dos cosas:

- Que las condiciones hidráulicas del flujo permanecen constantes en el intervalo de tiempo de interés y.
- Las líneas de corriente son prácticamente paralelas.

De acuerdo a lo anterior se acepta como factible que las ecuaciones y teorías del flujo uniforme se utilicen para evaluar la línea de energía, tomar rugosidades como constantes, suponer que no ocurre arrastre de aire, la sección de la conducción es prismática y constante y, que la pendiente del canal es muy pequeña.

- **Ecuación dinámica del flujo gradualmente variado**

La altura de la línea de energía en la sección aguas arriba con respecto a la línea de referencia de un flujo gradualmente variado denotado por “H” se refiere a:

$$H = Z + Y \cos \theta + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad \dots \text{(ecuación 17)}$$

Donde:

H: Altura respecto a un plano horizontal de referencia.

Z: Distancia vertical del plano de referencia al fondo del canal.

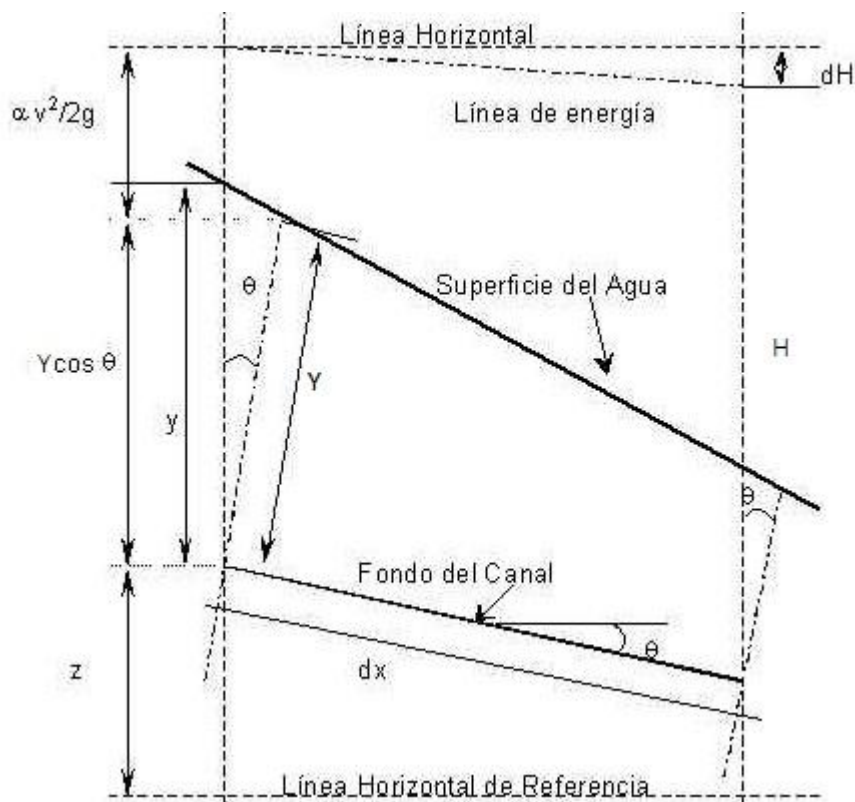
Y: Profundidad de la sección del flujo.

θ : Angulo de la pendiente del fondo del canal.

α : Coeficiente de Coriolis

V: Velocidad media del flujo en la sección.

Figura n° 8. Flujo gradualmente variado.



Fuente: (Insua & Gonzáles, 2006)

Tomando como eje de coordenadas X en el fondo del canal y diferenciando la ecuación anterior respecto a éste y considerándolo positivo en la dirección del flujo se obtiene:

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = \frac{S_o - S_E}{\cos \theta + \alpha \frac{\partial \left(\frac{V^2}{2g} \right)}{\partial Y}} \quad \dots \text{(ecuación 18)}$$

Que es la ecuación diferencial general para flujo gradualmente variado.

La pendiente ha sido definida como el seno del ángulo de la pendiente y se asume positiva si desciende en la dirección del flujo y negativa si asciende; detectándose que la pérdida de energía $\left(\frac{\partial H}{\partial x} \right)$ por fricción siempre es negativa, así tenemos:

$$S_E = -\frac{\partial H}{\partial X}, \text{ es la pendiente de la línea de energía.} \quad \dots \text{ (ecuación 19)}$$

$$S_O = \sin \theta = -\frac{\partial Z}{\partial X}, \text{ es la pendiente del fondo del canal.} \quad \dots \text{ (ecuación 20)}$$

$$S_w = \frac{\partial Y}{\partial X}, \text{ es la pendiente de la superficie del agua.} \quad \dots \text{ (ecuación 21)}$$

Para θ con pendiente pequeña la ecuación diferencial general se hace:

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = \frac{S_O - S_E}{1 + \alpha \frac{\partial \left(\frac{V^2}{2g}\right)}{\partial Y}} \quad \dots \text{ (ecuación 22)}$$

Para canales de gran ancho da lugar a la expresión:

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = S_O \frac{\left[1 - \left(\frac{Y_N}{Y}\right)^{10/3}\right]}{\left[1 - \left(\frac{Y_C}{Y}\right)^3\right]} \quad \dots \text{ (ecuación 23)}$$

Expresión útil para describir el perfil de la superficie de agua para el flujo gradualmente variado.

- **Clasificación de canales en flujo gradualmente variado.** (Insua Sharps & Gonzáles Linares, 2006)
- Según (Insua Sharps & Gonzáles Linares, 2006), a efectos de identificar el comportamiento de la superficie libre en flujo gradualmente variado, los canales se clasifican en función de su pendiente de fondo y también de su rugosidad y el caudal que circula por ellos.

La pendiente crítica (S_c) resulta ser aquella pendiente para la cual, en un canal de geometría y rugosidad conocidas, por el que circula un caudal Q , el tirante normal coincide con el tirante crítico.

Clasificación:

- ✓ En el caso que la pendiente de fondo sea negativa ($S_o < 0$), esto es la cota del fondo del canal crece en la dirección del flujo, se clasifica como canal tipo A (pendiente adversa).
- ✓ En el caso que la pendiente de fondo valga cero ($S_0 = 0$), esto es canal de fondo horizontal, se clasifica como canal tipo H (pendiente nula).
- ✓ Cuando la pendiente de fondo del canal resulta igual a la pendiente crítica ($S_o = S_c$), el canal se clasifica como tipo C (pendiente crítica), esto implica ($y_0 = y_c$).
- ✓ Cuando la pendiente de fondo del canal resulta mayor que la pendiente crítica ($S_o > S_c$), el canal se clasifica como tipo S (pendiente fuerte). Se verifica en este caso ($y_0 < y_c$).

- ✓ Cuando la pendiente de fondo del canal resulta menor que la pendiente crítica ($S_0 < S_c$), el canal se clasifica como tipo M (pendiente suave). En esta condición se cumple ($y_0 > y_c$).
- **PERFILES DE FLUJO EN FGV.** (Lorenzo, Bellón, & López, 2010)
Según (Lorenzo, Bellón, & López, 2010) ,para el caso de canales de pendiente suave (canal M), se distinguen 3 casos. M1 si se encuentra por sobre el tirante normal; M2 si se encuentra entre el tirante normal y el tirante crítico y M3 si se encuentra por debajo del tirante crítico. Los perfiles resultantes en estos casos son:

$$\xrightarrow{M_1}; y > y_n > y_c \quad \dots \text{ (ecuación 24)}$$

La curva M_1 se denomina también curva de remanso. Usualmente se produce aguas arriba de un obstáculo.

$$\xrightarrow{M_2}; y_c > y > y_n \quad \dots \text{ (ecuación 25)}$$

La curva M_2 se denomina también curva de abatimiento y suele producirse en un canal que cambia la pendiente de suave a fuerte o en caídas libres.

$$\xrightarrow{M_3}; y > y_c > y_n \quad \dots \text{ (ecuación 26)}$$

Donde:

Y_n : Tirante normal.

Y_c : Tirante crítico.

Y : Tirante del flujo.

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q}{\frac{b}{g}}} \quad \dots \text{ (ecuación 27)}$$

Donde:

B : es el ancho del canal.

Para el caso de canales de pendiente fuerte (canal S) se distinguen 3 casos. S_1 si se encuentra por sobre el tirante crítico; S_2 si se encuentra entre el tirante crítico y el tirante normal y S_3 si se encuentra por debajo del tirante normal.

Los perfiles resultantes en estos casos son: curva de tirante creciente S_1 con asíntota horizontal para tirantes muy grandes; curva de tirante decreciente S_2 asíntota al tirante normal y curva de tirante creciente S_3 también asíntota al tirante normal.

En el caso de canales de pendiente crítica (canal C) se distinguen solo 2 casos, dado que no existe la zona entre y_n e y_c pues ambos son coincidentes.

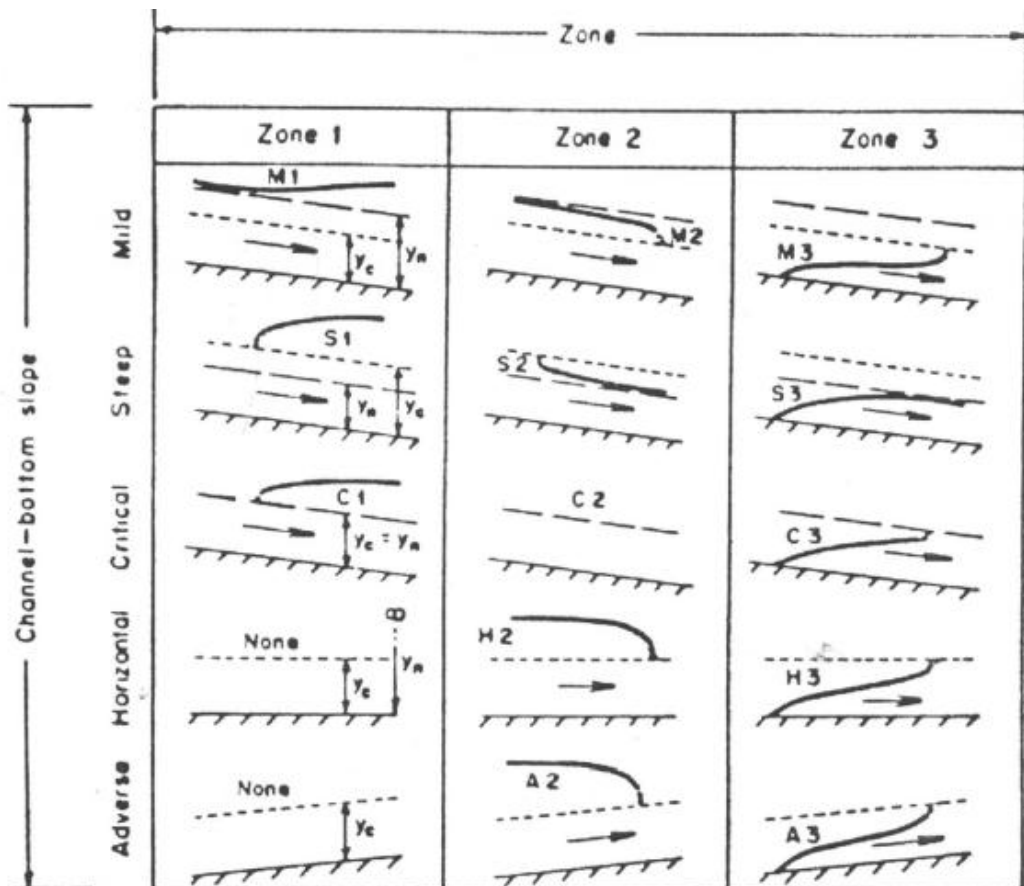
El caso C_1 (curva de tirante creciente) si se encuentra por sobre el tirante crítico y el caso C_3 (curva de tirante decreciente) si se encuentra por debajo del tirante normal o crítico.

Si el canal tiene pendiente nula o adversa no existe la condición de flujo uniforme, dado que nunca es posible balancear la pérdida de carga por fricción contra las paredes del canal con la diferencia de cota de fondo originada por la pendiente del canal.

En el caso de canales de pendiente horizontal (canal H) se distinguen también solo 2 casos. El caso H_2 (curva de tirante decreciente) si se encuentra por sobre el tirante crítico y el caso H_3 (curva de tirante creciente) si se encuentra por debajo del tirante crítico.

En el caso de canales de pendiente adversa o negativa (canal A) se distinguen igualmente solo 2 casos. El caso A_2 (curva de tirante decreciente) si se encuentra por sobre el tirante crítico y el caso A_3 (curva de tirante creciente) si se encuentra por debajo del tirante crítico. A continuación, se presenta gráficamente los perfiles de flujo resultantes en los diversos casos.

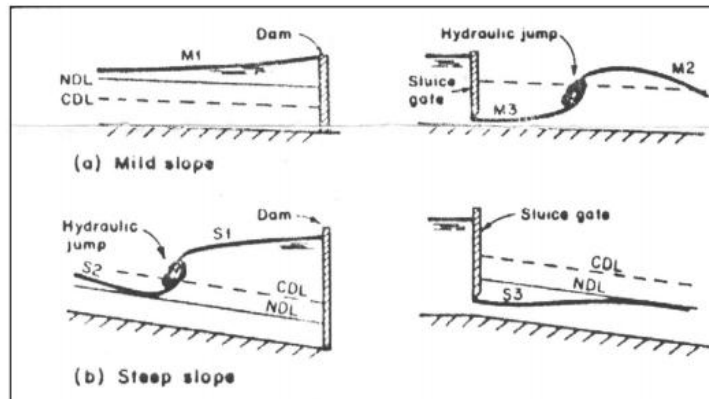
Figura n° 9: Perfiles de flujo para diferentes zonas.



Fuente: (Lorenzo. Et al, 2010)

Los ejemplos en los cuales ocurre flujo gradualmente variado son muy diversos. A continuación, se presentan tan solo algunos de los más usuales para canales de pendiente suave (mild slope) y fuerte (steep slope).

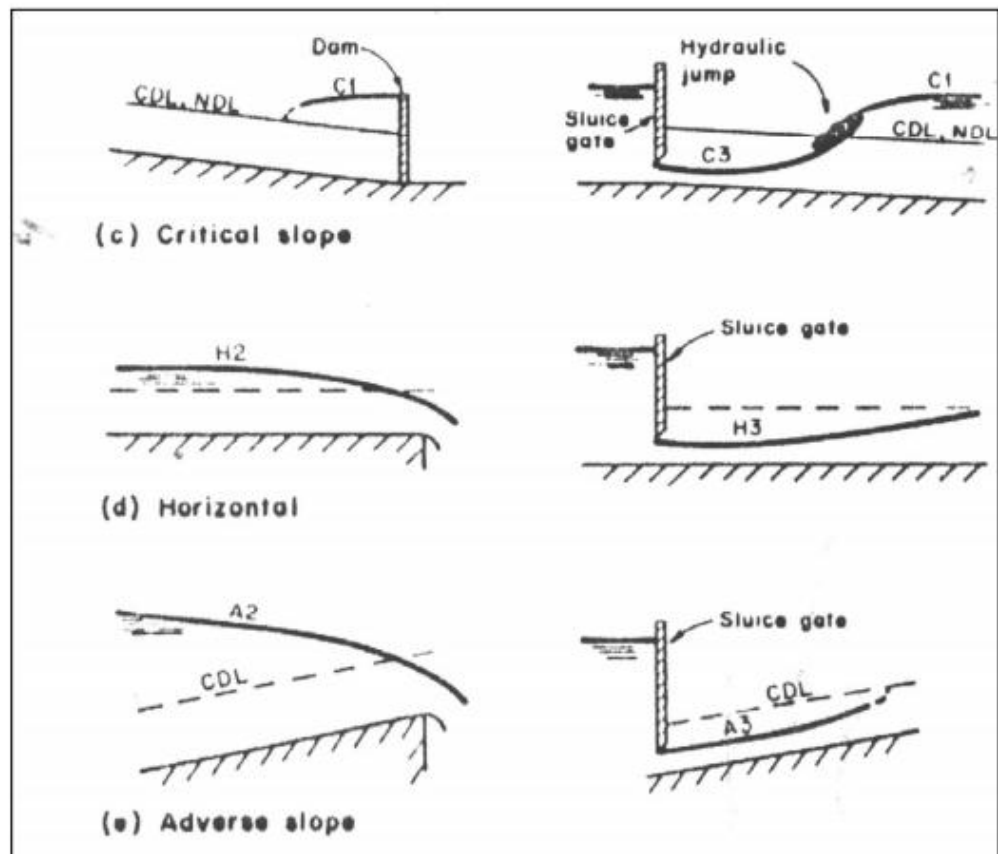
Figura n° 10: Flujo gradualmente variado para canales de pendiente suave.



Fuente: (Lorenzo et al, 2010).

Otros ejemplos de perfiles de flujo gradualmente variado para canales de pendiente crítica, horizontal y adversa respectivamente son:

Figura n° 11: Flujo gradualmente variado para canales de pendiente crítica.



Fuente: (Lorenzo, et al, 2010)

2.2.15.2.5 Descarga a través de vertederos.

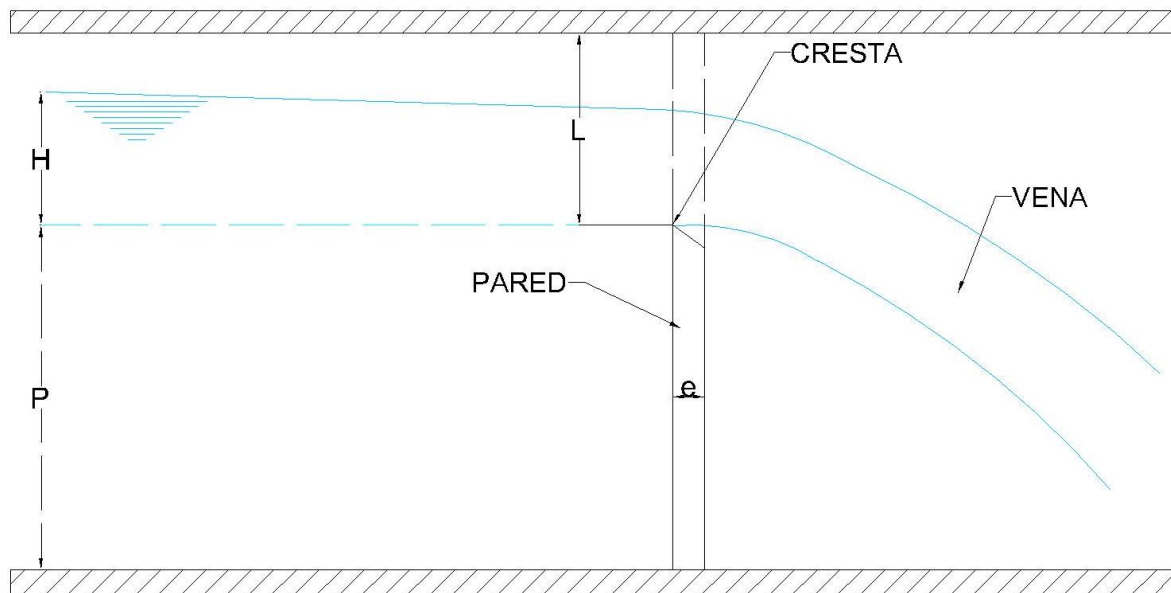
Según (Estrada, 2010), un vertedero de medición de caudales es una barra que se coloca en una canalización sobre la que escurre un flujo subcrítico.

De acuerdo a sus características los vertederos utilizados como herramientas de aforo ofrecen una determinada relación empírica que facilita el estimado del caudal que vierte sobre la barrera.

Un vertedero es un muro o una barrera que se interpone al flujo, causando sobre elevación del nivel de la lámina de agua arriba y disminución de agua abajo. Sus principales funciones son:

- Control de nivel de embalses, canales, depósitos, estanque, etc.
- Aforo o medición de canales.
- Elevar el nivel del agua.
- Evacuación de crecienta o derivación de un determinado caudal.

Figura n° 12: Vertedero de cresta delgada.



Fuente: (Estrada, 2010)

Donde:

H: Carga hidráulica

P: Altura del vertedero.

e: Espesor de la pared.

L: Longitud de la cresta del vertedero.

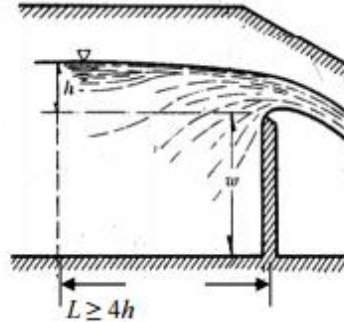
Los vertederos se clasifican en: (Estrada Gutierrez, 2010)

Vertedores de pared delgada y vertedores de cresta ancha; los vertedores de pared delgada son útiles en aforos de corrientes de agua de poca magnitud, mientras que los de cresta ancha generalmente son parte de estructuras hidráulicas mayores.

- Vertedores de pared delgada: Clasificados de acuerdo con la forma de la escotadura, se tienen: vertedores rectangulares, triangulares, trapeciales, circulares, entre otros. Si el ancho

de la cresta del vertedor (e), en la dirección del flujo es tal que $e/h < 0.67$, el vertedor se clasifica como de pared delgada.

Figura n° 13: Sección longitudinal de un vertedero de pared delgada.

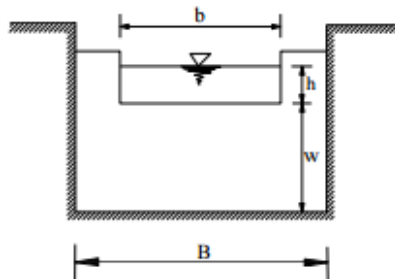


Fuente: (Estrada, 2010).

- Vertedor rectangular.: Para el cálculo del caudal con un vertedor rectangular se utiliza la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} ubh^{2/3} \quad \dots \text{(ecuación 28)}$$

Figura n° 14: Sección transversal de un vertedero rectangular.



Fuente: (Estrada, 2010)

- Vertederos sin escotadura: En estos vertederos el agua se vierte a lo largo de toda la arista superior. Para la determinación del caudal se utiliza la ecuación

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} ubh^{2/3} \quad \dots \text{(ecuación 29)}$$

siendo b el ancho del vertedero sin escotadura y h la altura de la lámina de agua por encima del vertedero medida aguas arriba del vertedero a una distancia $L \geq 4h$.

- Vertedero con escotadura rectangular (figura 13): Se recomienda que esta escotadura tenga la siguiente anchura con relación al caudal que se pretende medir:

$b = 0,25$ m para un caudal de 5 a 25 l/s

$b = 0,50$ m para un caudal de 25 a 150 l/s

$b = 1$ m para un caudal superior a 150 l/s.

La distancia de las aristas verticales de la escotadura a las paredes del canal debe de ser de 1 a 1,5 veces el valor de b

- Vertedor trapecial: Se creó para que compense el decrecimiento del caudal debido a las contracciones.

La descarga de un vertedor trapecial se considera igual a la suma de los gastos de un vertedor triangular y otro rectangular.

La fórmula para la descarga, resulta:

$$Q = C_1 b H^{3/2} + C_2 H^{5/2} \quad \dots \text{ (ecuación 30)}$$

los coeficientes C1 y C2 corresponden a los coeficientes para un vertedor rectangular y triangular respectivamente.

Si el fluido que vierte sobre la barrera lo hace tocando una sola arista, el vertedero es de pared delgada; por lo contrario, se llama de pared gruesa, si la toca en un plano.

La arista o plano de contacto del vertedero con el fluido recibe el nombre de cresta o corono. Si el nivel de aguas abajo del vertedero es superior de la corona, se dice que el vertedero es ahogado; de otro lado, si este es más bajo y la napa vertiente no se pega a la barrera se dirá que el vertedero funciona con vena libre.

Carga hidráulica (H):

Altura alcanzada por el agua, la cual se considera desde la cota de la cresta o solera del vertedero. En rigor, debe utilizarse como carga efectiva sobre el vertedero la suma de Bernoulli de aguas arriba sobre el nivel de la corona:

$$H = h + \frac{V^2}{2g} \quad \dots \text{ (ecuación 31)}$$

En la práctica el valor del término cinético $V^2/2g$ no se toma en cuenta; aunque solo tiene validez cuando la altura de barrera es muy grande con respecto a la carga.

La mayoría de fórmulas que se han desarrollado tienen la forma general siguiente:

$$Q = CLH^n; \quad Q = 1.86L_e H_e^{3/2} \text{ (para pared delgada)} \quad \dots \text{ (ecuación 32)}$$

Donde:

Q: Caudal que pasa por el vertedero.

C: Coeficiente de descarga.

L_ Longitud efectiva de la cresta del vertedero.

H: es la altura medida con referencia al nivel de la cresta.

n: Exponente que depende de las características del vertedero.

Para el caso de vertedros rectangulares el $n=3/2$

Para vertederos de escotadura triangulares:

$$Q = CH^n \tan \frac{\theta}{2} \quad \dots \text{ (ecuación 33)}$$

Donde:

θ es de la escotadura.

Como dato auxiliar de comparación se puede tomar el trabajo de Georgina Institute of Technology, que sugiere:

$$C_{GIT} = \frac{Q_{real}}{Q_{teórico}}; Q_{teórico} = \frac{2}{3}L\sqrt{2gH^3}; \text{ donde } Q_{real} \text{ es obtenido en laboratorio. ... (ecuación 34)}$$

Para el vertedero triangular:

$$Q_{teórico} = \frac{8}{15}\sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{5/2} \quad \dots \text{ (ecuación 35)}$$

Para vertederos rectangulares con contracciones laterales:

$$Q = CL_e H^n \quad \dots \text{ (ecuación 36)}$$

Donde:

L_e = Es la longitud efectiva= $L-0.1NH$

N = Es el número de contracciones.

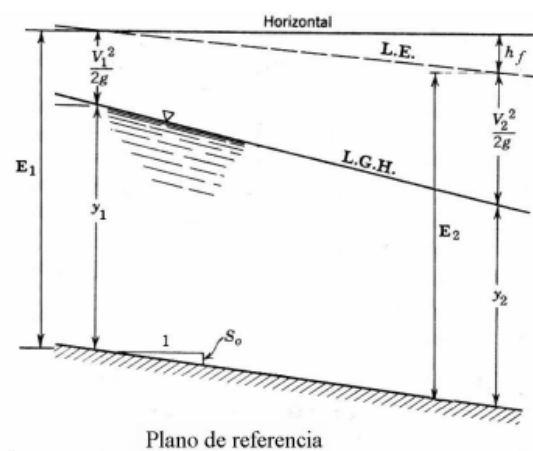
H = Es la carga.

2.2.15.2.6 Energía específica.

Según (Botía Calderón, 2004), la energía específica en la sección de un canal se define como la energía por kilogramo de agua que fluye a través de la sección, medida con respecto al fondo del canal.

El concepto de energía específica a condiciones de flujo uniforme y permanente y, para canales con inclinaciones menores a 5° .

Figura n° 15: Energía específica en un canal a flujo libre.



Fuente: (Botía, 2004)

La energía del flujo en una sección cualquiera de un canal se define como:

$$E = Y + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad \dots \text{ (ecuación 37)}$$

Donde:

E: Energía

Y: Tirante.

α : Coeficiente de Coriolis.

V: Velocidad media del flujo.

Si consideramos $\alpha=1$ y se tiene en cuenta la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \dots \text{ (ecuación 38)}$$

Donde:

Q: Caudal.

A: Área.

En función del caudal se tiene:

$$E_s = Y + \frac{Q^2}{2gA^2} \quad \dots \text{ (ecuación 39)}$$

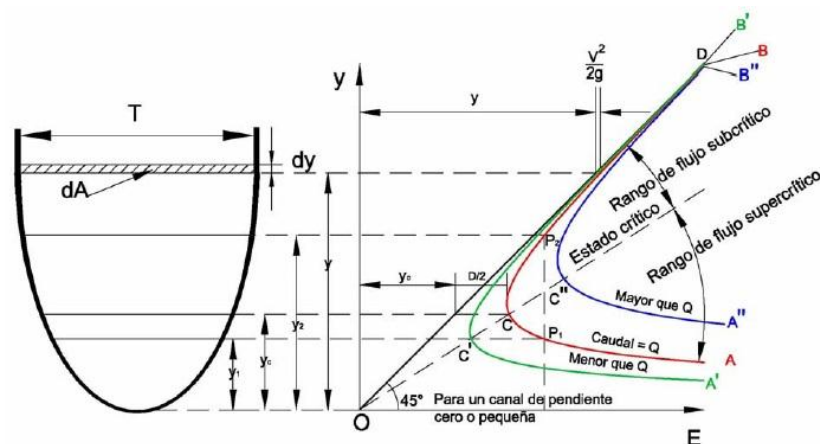
Siendo $A=B$ y (b =ancho de canal)

La energía específica es entonces función del caudal Q y del tirante Y . Si se considera el caudal constante y se hace variar el tirante, se obtienen valores de Y vs E_s .

Este valor se puede llevar a un gráfico obteniéndose la curva de energía específica a caudal constante, la cual posee las siguientes características.

La curva es asíntota al eje horizontal y una recta inclinada a 45° ; y posee 2 ramas y un valor mínimo de energía.

Figura n° 16: Curva de energía específica.



Fuente: (Insua & Gonzáles, 2006)

Para un mismo valor de E_s existen 2 valores posibles del tirante del escurrimiento, los cuales son y_1 y y_2 , que se denominan tirantes alternos, y_c corresponde a la energía específica mínima, se le llama tirante crítico y a la velocidad correspondiente, velocidad crítica; tratándose de un canal rectangular se puede demostrar que el tirante crítico es igual a:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q}{b}} \quad \dots \text{ (ecuación 40)}$$

Así mismo, la velocidad crítica es:

$$V_c = \sqrt{gy_c} \quad \dots \text{ (ecuación 41)}$$

-Si $y_1 < y_c$ entonces el flujo corresponde al estado supercrítico, es decir,

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}} > 1 \quad \dots \text{ (ecuación 42)}$$

-Si $y_2 > y_c$ entonces el flujo corresponde al estado subcrítico, es decir,

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gy_2}} > 1 \quad \dots \text{ (ecuación 43)}$$

2.2.15.2.7 Coeficiente de resistencia en conductos abiertos. (Insua Sharps & Gonzáles Linares, 2006)

Según (Insua & Gonzáles, 2006), un canal es un dispositivo para transportar líquidos. El movimiento del líquido se realiza por acción de la gravedad, gracias al desnivel de fondo del canal. La presión en la superficie libre del líquido es cero.

Las secciones de los canales pueden ser rectangulares, trapeciales, triangulares, parabólicas, circulares, y en general de cualquier forma geométrica.

En tuberías el parámetro geométrico básico es el diámetro, mientras que en canales el parámetro geométrico básico es el radio hidráulico “Rh”.

Los canales, por lo general se diseñan para flujo permanente y uniforme, esto es que las características del flujo en un punto no varían con el tiempo, además la profundidad, pendiente, velocidad y sección recta permanecen constantes. En otras palabras, se cumplen la ecuación de continuidad. Para el diseño de este tipo de canales la fórmula más utilizada es la de Manning, que no es otra cosa que una modalidad de la ecuación de Chezy.

Ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2} \quad \dots \text{ (ecuación 44)}$$

Ecuación de Chezy:

$$V = C \sqrt{R_H S} \quad \dots \text{ (ecuación 45)}$$

Donde:

V: Velocidad (m/s).

N: Coeficiente de rugosidad de Manning.

R_H: Radio hidráulico.

S: Pendiente hidráulica

C: Coeficiente de rugosidad de Chezy.

Cada contorno tiene su aspereza y rugosidad “k” y depende del material del que está hecho y de su estado de conservación; así por ejemplo una tubería de concreto es más rugosa que una de acero, un canal de tierra es más rugoso que un canal de cobre.

La aspereza tiene diferentes formas y tamaños; dan lugar a pequeñas corrientes secundarias y producen una condición en el escurrimiento del flujo.

La influencia del valor de “k” depende del tamaño del conducto, radio de cualquier tubería o tirante en el caso de canales.

Para identificar la calidad hidráulica se relaciona el valor de la rugosidad absoluta (k) con el espesor de la subcapa laminar “δ”, dicho de otro modo; una característica geométrica con una hidráulica.

Los conductos son hidráulicamente lisos cuando:

$$k \leq 0.4 \delta \quad \text{lo que equivale aproximadamente a : } \frac{Uk}{\nu} \leq 5$$

Los conductos son hidráulicamente rugosos cuando:

$$k \geq 6 \delta \quad \text{lo que equivale aproximadamente a : } \frac{Uk}{\nu} \geq 70$$

Donde:

U: Velocidad de corte.

ν: Viscosidad cinemática.

k: Rugosidad absoluta del conducto.

Los conductos son hidráulicamente en transición, cuando están entre los límites de los dos anteriores.

Rugosidad compuesta:

Un canal puede estar constituido de diferentes materiales, en este caso habrá dos valores para el coeficiente de rugosidad uno para el fondo y otro para las paredes.

En la figura n°15, se muestra características de un canal de rugosidad compuesta, si cada uno tiene un coeficiente de rugosidad de kutter, entonces lo que falta hallar es el valor de “n” que es representativo, con la siguiente ecuación:

$$n = \left[\frac{P_1 n_1^{1/2} + P_2 n_2^{1/2}}{P} \right]^{2/3} \quad \dots \text{ (ecuación 46)}$$

2.2.15.3 Centro de Presiones.

a. INTRODUCCIÓN

Las fuerzas distribuidas de la acción del fluido sobre un área finita pueden remplazarse convenientemente por una fuerza resultante. El ingeniero debe calcular las fuerzas ejercidas por los fluidos con el fin de poder diseñar satisfactoriamente las estructuras que los contienen. Es de suma importancia, calcular la magnitud de la fuerza resultante y su línea de acción (centro de presión).

El centro de presión, es un concepto que se debe tener claro, ya que su determinación es básica para la evaluación de los efectos que ejerce la presión de un fluido sobre una superficie plana determinada, por ejemplo: si se quiere determinar el momento que está actuando sobre una compuerta o para estudiar la estabilidad de una presa de gravedad, la pared de un tanque de almacenamiento de líquidos o el caso de un barco en reposo.

b. EXPERIENCIAS SUGERIDAS

- Determinar experimentalmente el centro de presión (C.P.) en una superficie plana vertical parcial y totalmente sumergida.
- Analizar el comportamiento del centro de presión (C.P.) cuando varía la altura de agua sobre una superficie plana vertical.
- Determinar la magnitud de la fuerza resultante ejercida por el líquido sobre una superficie plana parcial y totalmente sumergida (vertical).

c. GENERALIDADES

Según (Hernández , 2010), cuando el cuadrante está sumergido en agua es posible analizar las fuerzas actuantes sobre la superficie del cuadrante como sigue: La fuerza hidrostática en cualquier punto de la superficie curva es normal a la superficie y por lo tanto la resultante pasa a través del punto de pivote, porque está localizado en el origen del radio. La fuerza sobre la parte superior e inferior de la superficie curva no produce ningún efecto en el momento que afecte al equilibrio del armazón, porque todas las fuerzas pasan a través del eje.

- Las fuerzas a los lados del cuadrante son horizontales y se cancelan (iguales y opuestas).
- La fuerza hidrostática en la cara vertical sumergida es contrarrestada por el peso de equilibrio. La fuerza hidrostática resultante sobre la cara puede ser calculada del valor del peso de equilibrio y la profundidad de agua, como sigue:

Cuando el sistema está en equilibrio, los momentos con respecto del eje son iguales: $mgL = Fh$

Donde:

m: es la masa del colgante de peso.

g: es la aceleración de la gravedad.

L: es la longitud del brazo de equilibrio.

F: empuje hidrostático.

h: es la distancia entre el eje y el centro de presión

De calcular el empuje hidrostático y el centro de presión al final de la cara del cuadrante, podemos comparar los resultados teóricos y experimentales.

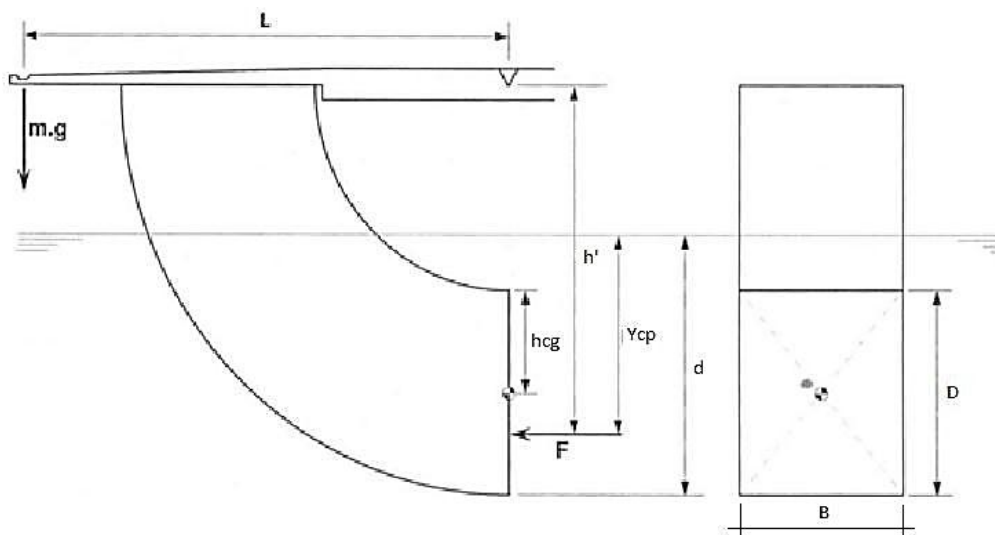
d. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Este equipo está concebido de tal forma para el aprovechamiento de la fuerza de empuje que ejercen los líquidos sobre cuerpos sumergidos, la posibilidad de determinar experimentalmente, el centro de presiones de fuerza de origen hidrostático.

El elemento principal de medida consiste en un plano de sección cuadrada manteniendo su posición normal al nivel horizontal, esto es posible a un contra peso regulable a voluntad, trasladándose sobre una regla graduada y calibrada teniendo como inicio “cero”.

Variando el nivel de sugerencia y manteniendo su verticalidad mediante el contra peso, se define con exactitud el centro de presión.

Figura n° 17: Esquema de cuadrante hidráulico.



Fuente: (Hernández , 2010)

Tabla n° 1: Datos técnicos del equipo cuadrante hidráulico.

| | | | |
|----------------------|---|--|--|
| Longitud de Balance | L | | Distancia del colgante de peso al eje |
| Eje del cuadrante | H | | De la base de la cara del cuadrante al punto de pivote |
| Altura del Cuadrante | D | | Altura de la cara vertical del cuadrante |
| Ancho del Cuadrante | B | | Ancho de la cara vertical del cuadrante |

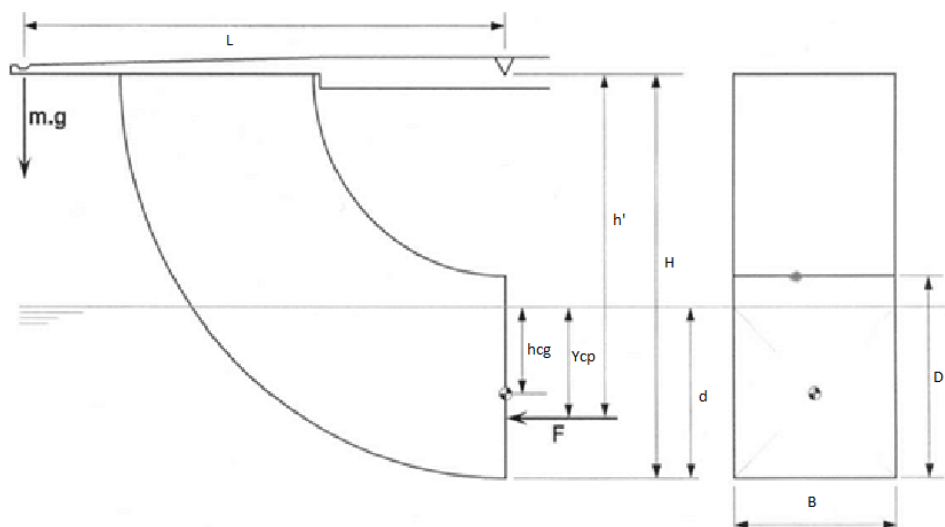
Fuente: Elaboración propia, 2016.

e. MODO DE USO.

- Colocar el tanque sobre una base horizontal, nivelar con la ayuda de los tornillos nivelantes. Éstos deben levantarse o bajarse a como sea requerido hasta que la burbuja este al centro del nivel.
- Ubicar W_1 (peso) en la posición cero (0) de la regla de mediciones horizontales.
- Nivelar el sistema moviendo W (derecha o izquierda) sobre su eje roscado. Luego anotar la altura H .
- Llenar de agua parcialmente hasta el cero de la regla de mediciones de altura, que debe de coincidir con el vértice del cuadrante inferior del equipo.
- Aumentamos la carga añadiendo agua hasta tener una altura de agua sobre la sección vertical del cuadrante (d), movemos W_1 (peso) hasta nivelarlo esto nos da una lectura de la distancia (L).
- Así sucesivamente iremos incrementando más agua para tener diferentes (L) los que se va tomando como datos para el cálculo posterior del informe.
- Finalizada la prueba, la persona encargada del laboratorio abre la válvula de salida para el desagüe total. Proceder al secado y limpieza del equipo.

f. Determinación del centro de presión en una superficie plana vertical parcialmente sumergida.

Figura n° 18: Superficie parcialmente sumergida.



Fuente: (Hernández , 2010).

Donde:

L: Distancia horizontal entre el eje y el colgante para peso.

H: Distancia vertical entre el eje y la base del cuadrante.

D: La altura de la cara del cuadrante.

B: Ancho de la cara del cuadrante.

d: Profundidad de agua de la cara del cuadrante.

Y_{cp} : Distancia vertical entre la superficie del agua y el centro de presión.

h_{cg} : Altura desde la superficie del agua al centro de gravedad del plano.

Las fuerzas mostradas como F, el empuje hidrostático y mg, del peso.

Para la determinación experimental del centro de presión (y_{cp}) aplicaremos el concepto de momento en una articulación, o sea la ecuación (5). Donde la sumatoria de momentos es igual a cero, o sea:

$$MR = WL \quad \dots \text{(ecuación 47)}$$

$$WL = F_h h' \quad \dots \text{(ecuación 48)}$$

Donde:

$$F_h = \rho g A h_{cg} \quad \dots \text{(ecuación 49)}$$

Donde:

- A es el área $A=Bd$... (ecuación 50)
- H_{cg} es la profundidad de centro de gravedad = $d/2$

Por lo tanto:

$$F_h = \frac{1}{2} \rho g B d^2 \quad \dots \text{(ecuación 51)}$$

Despejando h' , se obtiene la siguiente expresión.

$$h' = \frac{WL}{F_h} = \frac{2WL}{\rho B d^2} \quad \dots \text{(ecuación 52)}$$

De la figura n° 17 obtenemos:

$$h_1 = H - d \quad \dots \text{(ecuación 53)}$$

h_1 =Distancia entre eje de rotación y la superficie del agua.

Finalmente:

$$Y_{cp} = h' - h_1 \quad \dots \text{(ecuación 54)}$$

2.2.15.4 Caplé

a. EXPERIENCIAS SUJERIDAS

Obtener el muestreo de las aguas de cierto conducto, con la finalidad de estudiar la cantidad de sedimentos y sustancias presentes en el conducto.

b. DESCRIPCIÓN DE EQUIPO

Según (Aguilar, 2016), es un equipo concebido para atrapar sedimentos de suspensión, en ríos, reservorios, desarenadores, a tirantes preestablecidos.

Su volumen de retención de diseño es de un litro, este equipo es imprescindible para poder cuantificar el caudal sólido versus el caudal líquido y su posterior análisis de sólido: granulométrico, morfológico y composición.

Su forma es trapezoidal circular, con dos compuertas de cierre herméticas a 45°. Es sumergido automáticamente en dirección del flujo. Accionada el dispositivo de cierre, la muestra queda encapsulada. Se levanta y traslapa a los frascos etiquetados para su posterior análisis en laboratorio.

c. MODO DE USO.

- Posicionarse adecuadamente para realizar la inmersión del equipo en el lecho del río o quebrada a estudiar (sugerencias: usar puentes o formaciones naturales que permitan un acceso seguro al centro del río o quebrada).
- Su forma tubular trapezoidal, en ambos extremos tiene compuertas que al cerrarse encapsulan la muestra herméticamente. Tiene dos cables uno acerado que es para sostener el equipo (bajar y subir) desde un puente, un huaro o una oroya y otra para cerrar el sistema. Se toma muestras a diferentes tirantes.
- Esta muestra se traslada a pomos codificados, numerados, fechados, sección, tirante y hora.
- Esta muestra se analiza en laboratorio, su volumen luego se recogen las muestras en hojas especiales, numeradas y graduadas, estas hojas se llevan al horno a baja temperatura (25° Celsius) para el secado, luego éstas se recogen para el posterior análisis, de peso, por diferencia (papel seco versus papel con muestra) con el volumen obtenido se tiene la concentración de gr/litro; dependiendo del estudio se efectúan estudios de granulometría, morfológica, densidad y otros.

2.2.15.5. Demostración del teorema de Bernoulli

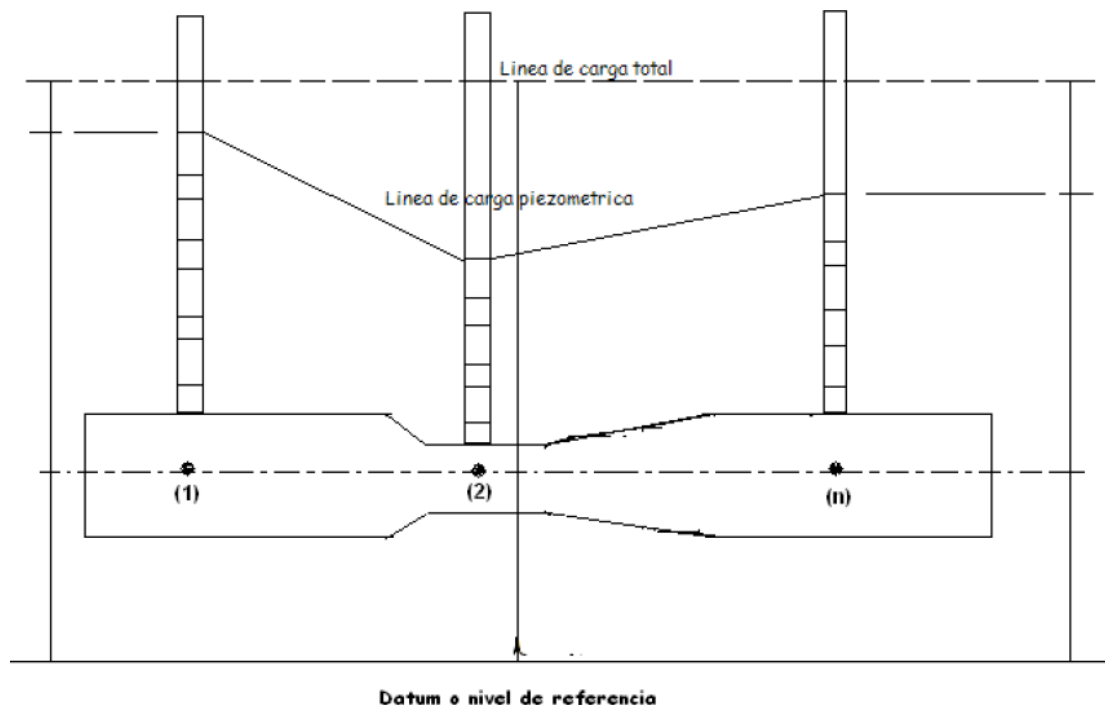
a. INTRODUCCIÓN

Según (Hernández, 2010) El medidor Venturi, inventado por el ingeniero estadounidense Clemens Herschel (1842-1930) y nombrado por él en honor del italiano Giovanni Venturi (1746-1822) por sus trabajos pioneros a cerca de las secciones cónicas de flujo, es el flujómetro más preciso en este grupo, pero también el más caro. Su contracción y expansión graduales evitan la separación del flujo y los remolinos, y sólo tiene pérdidas de fricción en las superficies de la pared interior. Los medidores Venturi causan pérdidas de carga muy bajas, y por lo tanto se deben preferir para aplicaciones que no puedan permitir grandes caídas de presión. La pérdida de carga irreversible

para los medidores Venturi debida a la fricción sólo es de alrededor de 10%. El medidor Venturi es utilizado para medir la tasa de flujo de “descarga” en una tubería, o sea la cantidad de agua en volumen que está pasando a través de una tubería en la unidad de tiempo. Por lo general el tubo Venturi está formado por:

1. Una pieza fundida (ver figura 19) formada por una porción, corriente arriba, del mismo tamaño de la tubería, la cual está provista de una toma piezométrica para medir la presión estática.
2. Una región cónica convergente (tobera).
3. Una garganta cilíndrica con otra toma piezométrica.
4. Una sección cónica gradualmente divergente, la cual desemboca en una sección cilíndrica del tamaño de la tubería (difusor).

Figura n° 19: Representación gráfica del venturímetro.



Fuente: (Hernández , 2010).

La función básica del tubo Venturi consiste en producir un estrangulamiento en la sección transversal de la tubería, el cual modifica las presiones en las secciones aguas arriba y en la garganta, las cuales son presiones reales. De manera que a partir de la ecuación de Bernoulli es posible obtener la velocidad teórica en dicha garganta, que al multiplicarla por su área permite determinar la descarga teórica (caudal). Para determinar el caudal teórico, solo necesitamos dos lecturas piezométrica, la de la entrada y la de la garganta. Los tubos piezométricos a través de todo el Venturímetro nos indican el comportamiento de la distribución de las presiones a través del mismo.

b. EXPERIENCIAS SUGERIDAS

1. Medir caudales con el Venturímetro.

2. Determinar el coeficiente de descarga (C_d) del Venturímetro.
3. Medir caudales con el depósito volumétrico del Banco hidráulico.
4. Aplicar la ecuación de Bernoulli y la ecuación de continuidad.
5. Determinar el coeficiente de velocidad del Venturímetro.
6. Observar el comportamiento de la distribución de las presiones a través del Venturímetro, así como el proceso de conversión de energía.

c. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Este equipo nos permite visualizar y cuantificar la distribución de presiones en un tubo Venturí y determinar el coeficiente de flujo.

Es un sistema de tubería típico, pasando a través de varios accesorios (válvulas, flexiones, codos, ramificaciones en forma de letra T, entradas, salidas, ensanchamiento y contracciones. Dichos componentes interrumpen el suave flujo del fluido y provocan pérdidas adicionales debido al fenómeno de separación y mezcla del flujo.

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli o trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

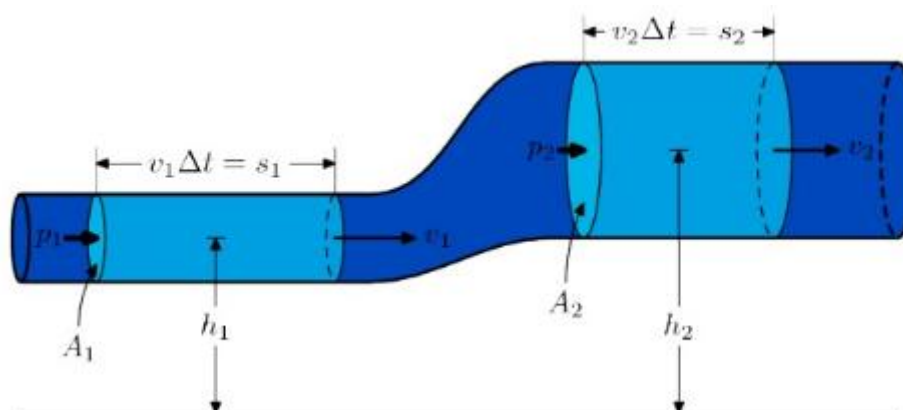
1. Cinético: Es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
2. Potencial gravitacional: Es la energía debido a la altitud que un fluido posea.
3. Energía de flujo: Es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

Ecuación de Bernoulli (Trinomio de Bernoulli)

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z = \text{constante} \quad \dots \text{(ecuación 55)}$$

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2 \quad \dots \text{(ecuación 56)}$$

Figura n° 20. Demostración del teorema de Bernoulli.



Fuente: (Hernández , 2010).

Donde:

V =velocidad del fluido en la sección considerada.

g =aceleración gravitatoria.

z =geométrica en la dirección de la gravedad.

P =presión a lo largo de la línea de corriente.

ρ =densidad del fluido.

Para aplicar la ecuación se deben realizar los siguientes supuestos:

- Viscosidad(fricción interna) = 0 Es decir, se considera que la línea de corriente sobre la cual se aplica se encuentra en una zona 'no viscosa 'del fluido.
- Caudal constante.
- Fluido incompresible - ρ es constante.
- La ecuación se aplica a lo largo de una línea.

d. MODO DE USO.

- Instale el equipo de las pérdidas en el banco hidráulico de manera que su base esté en posición horizontal (esto es necesario para medir la altura exacta de los manómetros).
- Conecte el dispositivo de conexión rápida del aparato al suministro de flujo del banco hidráulico.
- Asegure la extensión del tubo de salida del F1-22 en el tanque volumétrico.
- Abra la válvula del banco, la válvula de compuerta y la válvula de control del flujo del equipo y encienda la bomba para llenar la tubería con agua.
- El caudal que pasa por el circuito es controlado por una válvula de control de flujo.
- La toma de presión en el circuito está conectado a un banco de doce manómetros, que incorpora una válvula de aire de entrada / salida en la parte superior del colector. Un tornillo de purga de aire facilita la conexión a una bomba de mano.
- Debido a ello, se permite que los niveles en los manómetros se ajusten a un nivel conveniente para adaptarse a la presión estática del sistema.
- Una pinza que cierra las tomas en el inglete es introducida cuando el experimento en la válvula de ajuste es requerido.
- Un medidor de presión diferencial da la lectura directa de las pérdidas a través de la válvula de compuerta.

2.2.15.6. Descarga por orificio y trayectoria de chorro libre.

a. INTRODUCCIÓN.

Según (Bendezu Prado, 2014), este equipo nos permite visualizar y cuantificar el comportamiento del chorro a través de orificios, con cargas de agua variables a voluntad.

El orificio se utiliza para medir el caudal que sale de un recipiente o pasa a través de una tubería. El orificio en el caso de un recipiente, puede hacerse en la pared o en el fondo. Es una abertura generalmente redonda, a través de la cual fluye líquido y puede ser de arista aguda o redondeada. El chorro del fluido se contrae a una distancia corta en orificios de arista aguda.

b. EXPERIENCIAS.

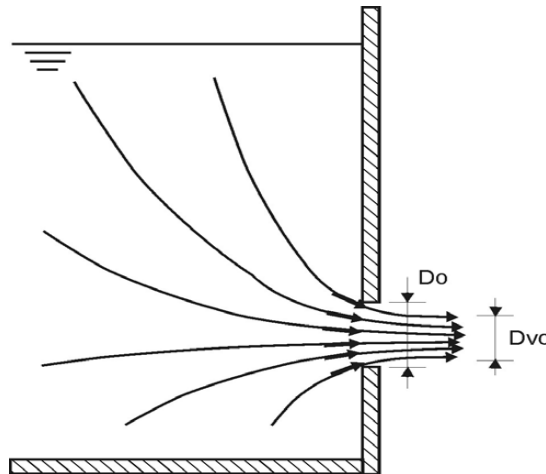
- Determinar el coeficiente de descarga (C_d), el coeficiente de contracción (C_c), Coeficiente de velocidad (C_v).

c. GENERALIDADES.

Flujo por un orificio en la pared de un tanque

Supóngase un orificio de pequeña sección sobre la pared lateral de un tanque con fluido a presión en el interior, por ejemplo, con agua con la superficie libre a una cierta altura por encima del orificio, como se muestra en la siguiente figura.

Figura n° 21. Líneas de corriente en la descarga de un chorro desde un depósito por un orificio.



Fuente: (Bendezu Prado, 2014)

Donde:

D_o : Diámetro del orificio.

D_{vc} : Diámetro de la vena contracta.

Debido a la presión interior, por el orificio se producirá una descarga de agua, tanto mayor cuanto mayor sea el tamaño del orificio, en la dirección perpendicular a la pared. Lógicamente el fluido sale a través de toda la sección del orificio, pero en realidad la dirección de la velocidad en cada posición es distinta. En efecto, la forma de las líneas de corriente por el interior del tanque hace que en la sección del orificio el vector velocidad tenga en cada punto una componente radial hacia el eje. El

conjunto de estas componentes hacen que la sección del chorro se reduzca en cierta medida tras pasar el orificio, hasta que las componentes radiales se contrarrestan entre sí. La zona del chorro en la que la sección es mínima se designa como **vena contracta**. El efecto de vena contracta es tanto más acusado cuanto más vivos sean los bordes del orificio por el interior del tanque, pues más dificultad tienen entonces las líneas de corriente para adaptarse a la geometría.

Atendiendo a la notación de la *Figura 22*, la carga H sobre el orificio se mide del centro del orificio a la superficie libre del líquido. Se supone que la carga permanece constante y que el depósito está abierto a la atmósfera. La ecuación de Bernoulli, aplicada desde un punto 1 en la superficie libre hasta el centro de la vena contracta, punto 2, establece que:

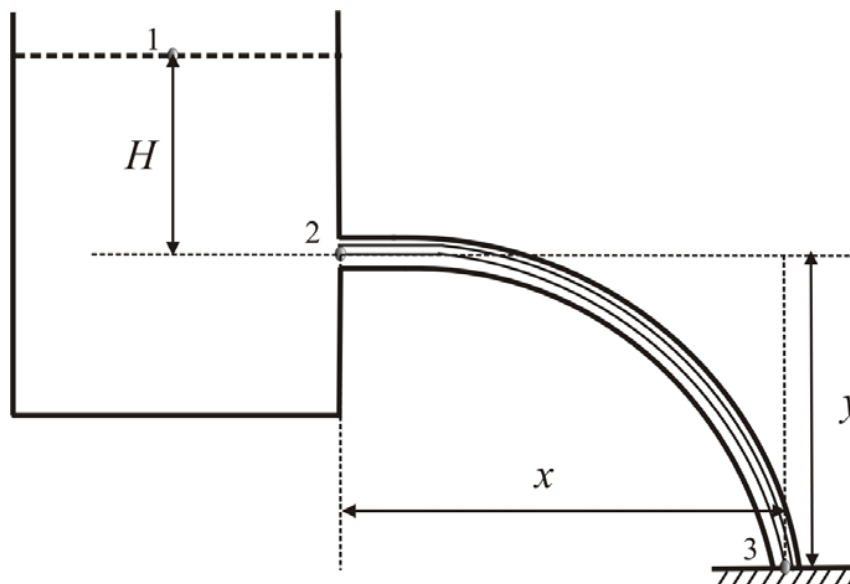
$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \quad \dots \text{(ecuación 57)}$$

En este caso, las presiones P_1 y P_2 , son iguales a la presión atmosférica local que se toma como referencia. Generalmente, la velocidad en la superficie libre, V_1 , es suficientemente pequeña, dada la gran sección del depósito, para poder despreciarla frente al resto de términos. Si además tomamos el punto 2 como punto de referencia de elevación, entonces $Z_1 - Z_2 = H$. Con todo esto, la ecuación anterior, se escribe como:

$$H = \frac{V_2^2}{2g} \rightarrow V_2 = \sqrt{2gH} \quad \dots \text{(ecuación 58)}$$

Que es la expresión del teorema de Torricelli.

Figura n° 22. Chorro descargado a través de un orificio.



Fuente: (Bendezu Prado, 2014)

Coefficientes de flujo:

Coefficiente de velocidad C_v : es la relación entre la velocidad media real en la sección recta de la corriente (chorro) y la velocidad media ideal que se tendría sin rozamiento.

$$C_V = \frac{V_{real}}{V_{teórico}} = \frac{V_r}{V_t} \rightarrow V_{real} = C_V V_t \rightarrow V_r = C_V \sqrt{2gH} \quad \dots \text{(ecuación 59)}$$

Coeficiente de contracción C_c : Relación entre el área de la sección recta contraída de una corriente (chorro) y el área del orificio a través del cual fluye.

$$C_c = \frac{\text{Área contraída}}{\text{Área del orificio}} \quad \dots \text{(ecuación 60)}$$

Coeficiente de descarga C_d : es la relación entre el caudal real que pasa a través del dispositivo y el caudal teórico.

$$C_d = \frac{Q_{real}}{Q_{teórico}} \quad \dots \text{(ecuación 61)}$$

$$C_d = C_V C_c \quad \dots \text{(ecuación 62)}$$

$$Q = C_d A_o \sqrt{2gH} \rightarrow C_d = \frac{Q}{A_o \sqrt{2gH}} \quad \dots \text{(ecuación 63)}$$

Donde:

Q: Caudal.

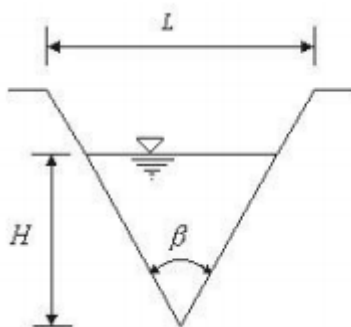
A_o : Área del orificio.

H: Carga hidráulica.

Caudal en vertederos triangulares:

Cuando los caudales son pequeños es conveniente aforar usando vertederos en forma de V puesto que para pequeñas variaciones de caudal la variación en la lectura de la carga hidráulica H es más representativa.

Figura n° 23. Vertedero triangular.



Valores característicos de C_d

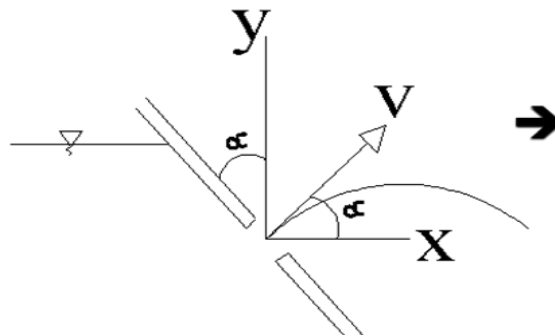
| ÁNGULO β | C_d |
|----------------|-----------|
| 15° | 0.52-0.75 |
| 30° | 0.59-0.72 |
| 45° | 0.59-0.69 |
| 60° | 0.50-0.54 |
| 90° | 0.50-0.60 |

Fuente: (Mestra & Osorio, 2011).

$$Q = \frac{8}{15} C_d \sqrt{2g} \left(\tan \frac{\beta}{2} \right) H^{5/2} \quad \dots \text{(ecuación 64)}$$

Traectoria de una vena líquida:

Figura n° 1. Trayectoria de una vena líquida.



Fuente: (Bendezu, 2014)

$$Y = X \tan \alpha \pm \frac{gX^2}{(2V^2 \cos^2 \alpha)} \quad \dots \text{ (ecuación 65)}$$

Cuando $\alpha=0^\circ$, $Y = \frac{-gX^2}{2V_r^2} \rightarrow V_r = \sqrt{\frac{X^2 g}{2|Y|}} \quad \dots \text{ (ecuación 66)}$

d. DESCRIPCIÓN.

- El equipo trabaja en circuito cerrado.
- En el primer nivel tiene una cisterna, en la que almacenamos agua, mediante una electrobomba de ½ HP, se succiona y expulsa el agua por tuberías de Ø1” regulado por una válvula de paso de 1”, a un tercer nivel que tiene a la salida un dissipador de energía tubular.
- Se tiene una compuerta tipo ataguía con el que podemos aumentar o disminuir la carga, que hace las veces de vertedero de demasía, haciendo que el excedente regrese a la cisterna mediante tubo de 2” de diámetro.
- En la cara opuesta se tiene incorporado la plancha con el orificio Ø 20mm por donde sale el chorro, el que será cuantificado en su curva mediante un carro móvil que mide la distancia vertical y la horizontal, con el que se diseña la curva, posteriormente este chorro pasa a un segundo nivel, por gravedad, a una poza dissipadora, luego a un vertedero triangular de 15° de abertura en el que se mide solo la altura de agua que pasa sobre el vertedero de 15°, esa altura la cotejamos en la tabla de vertedero, lo que nos da el caudal en litros / segundo.
- Para desaguar el sistema se tienen válvulas con manguera instalada al desagüe general.

e. MODO DE USO.

- Llenar con agua la cisterna del equipo.
- Medir el diámetro o área del orificio.
- Medir la temperatura del agua.
- Abrir la válvula que se encuentra sobre la electrobomba.

- Encender el interruptor, para que la electrobomba empiece a funcionar, la que succiona y expulsa el agua hacia un dissipador de energía tubular.
- Disminuir o aumentar la carga con la compuerta tipo ataguía, la que cumple función de vertedero de demasía.
- Medir la altura H del agua.
- Hacer las mediciones horizontales y verticales del chorro de agua, con el carro móvil.
- Tomar la medida de la altura “h”, en la poza, para obtener el caudal.
- Se hace el procedimiento anterior para cada altura “H” que se desee ensayar y para cada plancha con orificio diferente.
- Apagar el interruptor y cerrar la válvula que se encuentra sobre la electrobomba.

2.2.15.7. Estabilidad de cuerpos flotantes.

a. INTRODUCCIÓN.

Según (Hernández , 2010), la altura metacéntrica es una medida extremadamente importante cuando consideramos la estabilidad de cuerpos flotantes como barcos. Los cuerpos pueden ser estables, neutros e inestables dependiendo de la posición relativa del centro de gravedad y de su posición teórica llamada metacentro. Esta es definida como la intersección de líneas a través del centro de flotabilidad del cuerpo cuando este está vertical o inclinado a cierto ángulo.

El equipo para este ensayo es un equipo que nos permite visualizar y cuantificar la altura metacéntrica, la ubicación del centro de gravedad y la determinación si el equilibrio es estable, inestable o indiferente.

Consta de una tina de forma rectangular en el que se vierte cierta cantidad de agua, sobre él flota el equipo que tiene un mástil vertical arriostrada a la base y dos tensores laterales con resorte.

Sobre el mástil podemos maniobrar a voluntad una pesa verticalmente a la altura deseada o pre-establecida, el cual genera una inclinación, la que podemos cuantificar mediante una pesa que viene de la parte superior del mástil sobre una regla graduada angularmente.

b. EXPERIENCIAS SUGERIDAS.

- Determinar el centro de gravedad (G).
- Determinar la altura metacéntrica teórica y experimental (GM).
- Determinar la posición del metacentro (M).

c. GENERALIDADES.

Arquímedes (287-212 A. C.) se inmortalizó con el principio que lleva su nombre, cuya forma más común de expresarlo es: todo sólido de volumen V sumergido en un fluido, experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del fluido desalojado. Matemáticamente puede ser definido como:

$$E = V_{\text{Desplazado}} \times \rho \times g \quad \dots \text{ (ecuación 67)}$$

- E : Empuje.
 V : Volumen de fluido desplazado.
 ρ : Densidad del fluido.
 g : Gravedad (9,81 m/s²).

El principio de Arquímedes implica que para que un cuerpo flote, su densidad debe ser menor a la densidad del fluido en el que se encuentra.

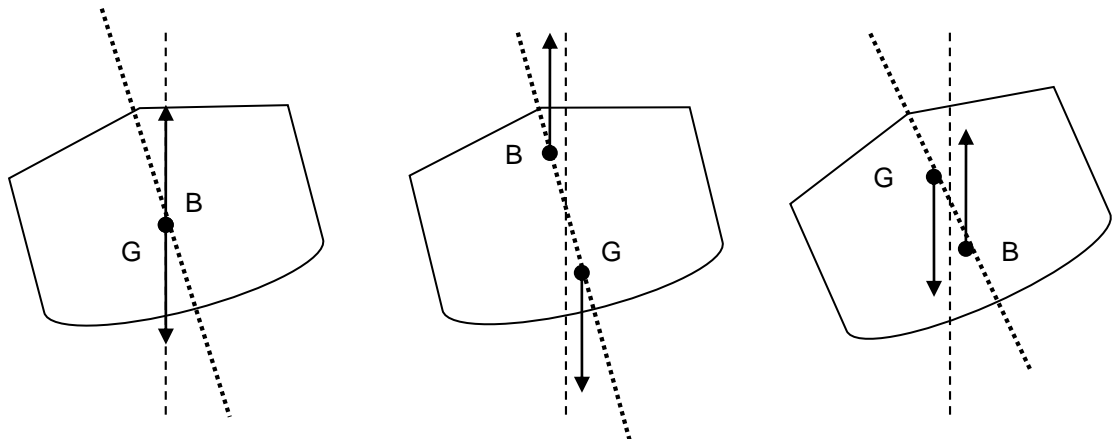
ESTABILIDAD DE LOS CUERPOS EN UN FLUIDO

Un cuerpo en un fluido es considerado estable si regresa a su posición original después de habersele girado un poco alrededor de un eje horizontal. Las condiciones para la estabilidad son diferentes para un cuerpo completamente sumergido y otro parcialmente sumergido (se encuentra flotando). Los submarinos son un ejemplo de cuerpos que se encuentran completamente sumergidos en un fluido. Es importante, para este tipo de cuerpos, permanecer en una orientación específica a pesar de la acción de las corrientes, de los vientos o de las fuerzas de maniobra.

Condición de estabilidad para cuerpos sumergidos: la condición para la estabilidad de cuerpos completamente sumergidos en un fluido es que el centro de gravedad (G) del cuerpo debe estar por debajo del centro de flotabilidad (B). El *centro de flotabilidad* de un cuerpo se encuentra en el centroide del volumen desplazado, y es a través de este punto como actúa la fuerza boyante (flotación) en dirección vertical. El peso del cuerpo actúa verticalmente hacia abajo a través del centro de gravedad.

Cuando un cuerpo está totalmente sumergido pueden ocurrir tres casos según el centroide del líquido desplazado (B), esté sobre, coincida o esté más abajo que el centro de masa o centro de gravedad del cuerpo (G). La figura n°24 ilustra los tres casos. En el primer caso, no aparece par al girar el cuerpo, luego el equilibrio es indiferente. En el segundo caso, la fuerza de empuje actúa más arriba del peso, luego para una ligera rotación del cuerpo, aparece un par que tiende a restaurar la posición original, en consecuencia, este equilibrio es estable. En el último caso, el par que se origina tiende a alejar el cuerpo de la posición de equilibrio, lo cual es en consecuencia la condición de cuerpo inestable.

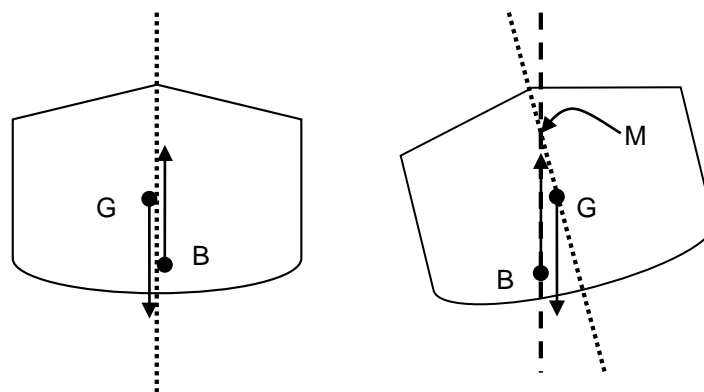
Figura n° 24. Estabilidad de cuerpos sumergidos.



Fuente: (Hernández , 2010).

Condición de estabilidad para cuerpos flotantes: la condición para la estabilidad de cuerpos flotantes es que un cuerpo flotante es estable si su centro de gravedad (G) está por debajo del metacentro (M). El *metacentro* se define como el punto de intersección del eje vertical de un cuerpo cuando se encuentra en su posición de equilibrio y la recta vertical que pasa por el centro de flotabilidad (B) cuando el cuerpo es girado ligeramente.

Figura n° 25. Estabilidad de cuerpos flotantes.



Fuente: (Hernández , 2010).

d. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

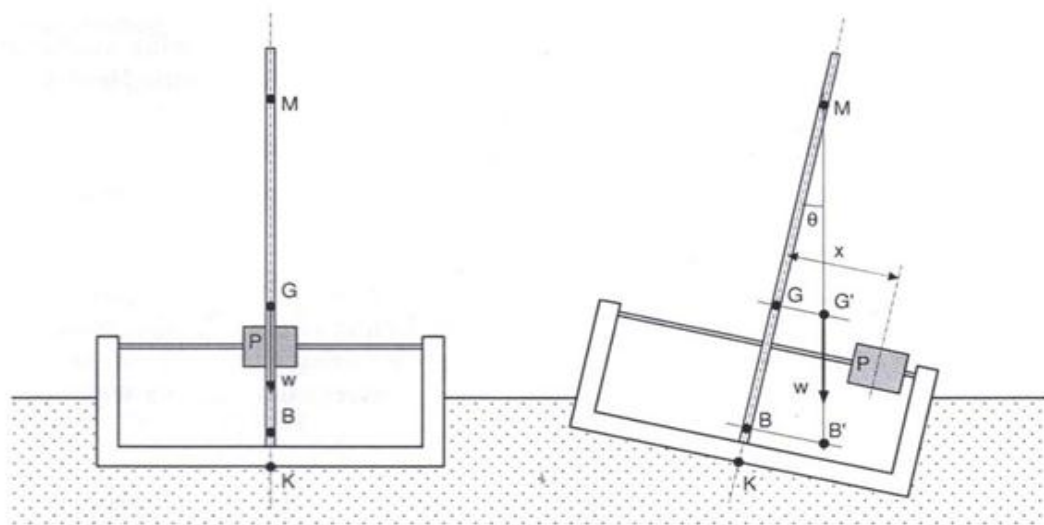
El equipo de estabilidad de cuerpos flotantes consiste de un pequeño flotador rectangular que incorpora pesos movibles que permite la manipulación del centro de gravedad y la inclinación transversal (ángulo). Los resultados prácticos son tomados para la estabilidad de cuerpos flotantes en diferentes posiciones, y estos son comparados con los resultados teóricos.

Consta también de un depósito donde se coloca agua y se coloca el equipo.

e. MODO DE USO

- Determine las dimensiones del cuerpo flotante (ancho, largo y alto).
- Determine el peso del cuerpo flotante.
- Determine la posición de G Atando una cuerda delgada con fuerza alrededor del mástil y permitiendo cuidadosamente que todo el conjunto pueda ser suspendido de la misma, ajustando la posición del punto de suspensión hasta que la dirección del mástil este horizontal.
- Introduzca el cuerpo (con todos sus componentes) en el fluido y mida la profundidad de inmersión.
- Si es necesario, ajustar la inclinación del mástil (aflojando los tornillos de fijación que pasan a través de los orificios ranurados) para garantizar que se alinea con la línea de plomada. Apriete los tornillos.
- Recorra el peso inclinando a la derecha en incrementos de 15 mm hasta el final de la escala y tome en cuenta los desplazamientos angulares (θ) de la línea de plomada para cada posición del peso. Repita este procedimiento atravesando el peso inclinando a la izquierda del centro. Los ángulos deben ser designados como + a un lado y – al otro para evitar la confusión en el análisis de las lecturas.
- Cambie la posición del centro de gravedad del pontón moviendo el peso deslizante hacia arriba del mástil. Posiciones sugeridas son a la altura máxima y a una ubicación a la mitad entre la altura máxima y la posición usada en la primera prueba. Una posición más baja con el peso en el fondo del mástil (G dentro del pontón) también puede ser evaluada.
- Para cada nueva posición de G, repita la prueba anterior y determine la altura metacéntrica, GM. Localice la posición del metacentro ($M = GM + KG$) del cuerpo.

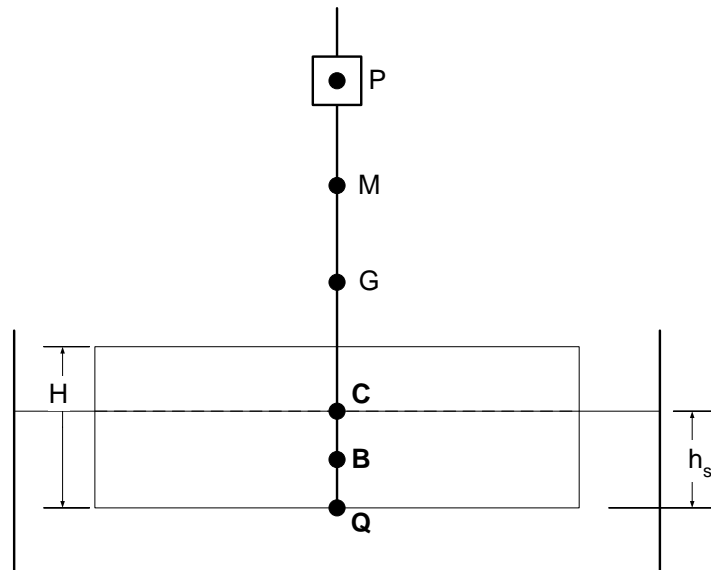
Figura n° 26. Ensayo de cuerpos flotantes.



Fuente: (Hernández , 2010).

- f. Determinar la altura metacéntrica teórica y experimental.

Figura n° 27. Determinación de la altura metacéntrica.



Fuente: (Hernández , 2010).

Donde:

H: Altura del cuerpo flotante (mm).

h_s: altura sumergida del cuerpo flotante (mm).

G: Centro de gravedad.

B: Centro de flotabilidad.

M: metacentro.

P: Peso deslizante vertical (kg)

Para la determinación de la altura metacéntrica teórica y experimental, se usarán las siguientes fórmulas:

$$W = \gamma \cdot V_s \quad \therefore \left[\begin{array}{l} W : \text{peso del cuerpo flotante} \\ \gamma : \text{peso específico del fluido } (\gamma_{\text{agua}} = 1000 \text{kg}_f/\text{m}^3) \\ V_s : \text{volumen sumergido del cuerpo flotante} \end{array} \right]$$

$$V_s = D \cdot L \cdot h_s \quad \therefore \left[\begin{array}{l} D : \text{ancho del cuerpo flotante (lado más angosto)} \\ L : \text{largo del cuerpo flotante} \\ h_s : \text{altura sumergida del cuerpo flotante} \end{array} \right]$$

$$QM_T = BM + QB \quad \therefore \left[\begin{array}{l} QM_{\text{Teórico}} ; QB = \frac{h_s}{2} \end{array} \right]$$

$$BM = \frac{I}{V_s} \quad \therefore \left[\begin{array}{l} I : \text{segundo momento de área } I = \frac{L \cdot D^3}{12} \end{array} \right]$$

$$QM_E = GM + QG \quad \therefore \quad [QM_{\text{Experimental}}] -$$

$$GM = \frac{w}{W} \cdot \left(\frac{dx}{d\theta} \right) \cdot 57,3 \quad \therefore \quad [w : \text{peso deslizable (0,2 kg}_f \text{)}]$$

Nota: Para calcular $dx/d\theta$ se determina el promedio de las relaciones entre las variaciones de los desplazamientos (Δx) y las variaciones de los ángulos ($\Delta \theta$):

$\Delta x = 15 \text{ mm}$ (para todos los datos)

$\Delta \theta = \theta(0) - \theta(-15) ; \theta(-15) - \theta(-30) ; \theta(-30) - \theta(-45) \dots ; \theta(15) - \theta(0) ; \theta(30) - \theta(15) ; \theta(45) - \theta(30)$

2.2.15.8. Mesa de analogía de Stokes o líneas de corriente.

a. DESCRIPCION DEL EQUIPO

Según (Aguilar, 2016), este equipo está concebido, para generar flujos planos bidimensionales en régimen laminar. La visualización es posible mediante colorantes.

b. EXPERIENCIAS SUGERIDAS

- Visualización y cuantificación del flujo laminar permanente con potencial de velocidades.
- Visualización del comportamiento de las líneas de corriente alrededor de perfiles.

c. GENERALIDADES

Un cuerpo sumergido en el campo de un fluido en movimiento experimenta una fuerza de arrastre y también a otra fuerza que actúa transversalmente y normal a la dirección del flujo llamado fuerza de sustentación, definido por las siguientes expresiones:

$$F_A = C_a^{1/2} \rho V^2 A \quad \dots \text{ (ecuación 68)}$$

$$F_S = C_s^{1/2} \rho V^2 A \quad \dots \text{ (ecuación 69)}$$

Donde:

F_a : Fuerza de arrastre (kg)

F_s : Fuerza de sustentación (kg)

C_a : Coeficiente adimensional de arrastre.

C_s : Coeficiente adimensional de sustentación.

ρ : Densidad del fluido

V : Velocidad media del fluido.

A : Área proyectada del perfil sobre un plano normal a la dirección del flujo (m^2)

d. MODO DE USO.

- Se abastece de agua de la red general mediante manguera de $\varnothing 1/2$ " y válvula reguladora de caudal, llega a un primer compartimiento cerrado que posee un dissipador de energía

cilíndrica, de ésta a una poza tranquilizadora y de ésta por rebose a la mesa de pruebas. Al ingreso se incorpora granos de permanganato de potasio (color lila morado) que al contacto con el agua se van diluyendo poco a poco, nos permite visualizar las líneas de corriente al impacto con los perfiles de prueba.

- Luego pasa a una poza y de esta vía manguera y válvulas al desagüe general, se van colocando perfiles de prueba, visualizaremos el comportamiento del perfil a las líneas de corrientes producidas.

2.2.15.9. Tecla.

a. DESCRIPCION DEL EQUIPO

Según (Aguilar, 2016), este equipo está diseñado para facilitar el trabajo de campo al aforador. Va acondicionado al sistema de la oroya para poder bajar, subir, resistir pesos y tensiones altas, cuando el equipo este sumergido en río, a velocidad de 3 o 4 m/s.

Se le acondiciona un lastre o pescado adicional para que el ángulo de muestreo este dentro de los estándares establecidos.

b. MODO DE USO.

Equipo complementario para el clapé, se usa para bajar y subir el tecla, desde un puente, un huaro o una oroya, esto es posible a una manivela con seguro que, mediante el giro hacia derecha o izquierda, podamos subir o bajar el clapé.

2.2.15.10. Tubo de sedimentación.

En este equipo se pueden determinar los siguientes ensayos:

- Velocidad terminal de una esfera descendente.
- Velocidad terminal de partículas.

2.2.15.10.1 VELOCIDAD TERMINAL DE UNA ESFERA DESCENDENTE.

a. INTRODUCCIÓN.

Según (Pérez et. al., 2010), una partícula sólida introducida en el seno de un fluido en reposo, por efecto de la gravedad inicia un movimiento de asentamiento o descenso, que depende de las relaciones entre las densidades de la partícula y del fluido.

b. EXPERIENCIAS.

- Determinar la velocidad límite o terminal de una esfera que desciende dentro de un fluido.
- Determinar la viscosidad del fluido. (Con el valor de la velocidad terminal y haciendo un balance de fuerzas que actúan sobre una esfera).

c. *GENERALIDADES.*

Si se considera un objeto que cae verticalmente en ausencia del aire, debido a la aceleración de la gravedad su velocidad se incrementaría con el tiempo. Sin embargo, las fuerzas de fricción o de resistencia del aire impiden que la velocidad aumente sin límite de tal manera que en algún momento el objeto alcanza una velocidad constante denominada velocidad terminal o límite.

Ahora, si el objeto es una esfera que desciende verticalmente en un fluido en reposo, su velocidad terminal se puede calcular haciendo un balance de las fuerzas que actúan sobre ella. En la siguiente figura n°28 se presenta un esquema en el cual se representan las fuerzas que actúan sobre la esfera, éstas son el peso de la esfera ($w = mg$), el empuje (B) y la fuerza de resistencia (f) que ejerce el fluido sobre la esfera. Como el sentido positivo del sistema de referencia es hacia abajo y el movimiento es unidimensional, entonces al hacer el balance de fuerzas se tiene que:

$$mg = B + f \quad \dots \text{(ecuación 70)}$$

La ecuación anterior se puede reescribir en términos de la densidad y volumen de la esfera,

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_f + f \quad \dots \text{(ecuación 71)}$$

Donde:

ρ : Densidad de la esfera.

r: Radio de la esfera.

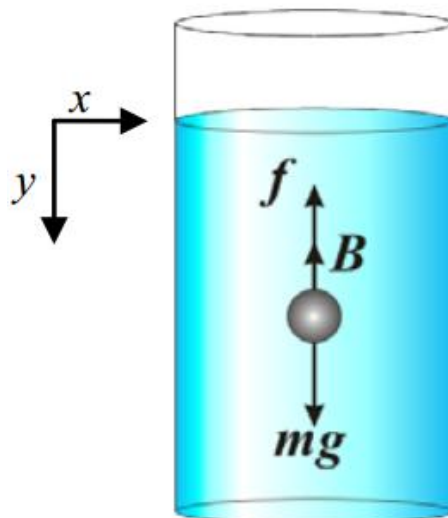
ρ_f : Densidad del fluido.

De la ley de Stokes se tiene que la fuerza de resistencia es $f = 6\pi\eta r v$, donde:

η : Viscosidad del fluido.

v: velocidad terminal de la esfera.

Figura n° 28. Balance de fuerzas que actúan sobre una esfera sumergida en un fluido.



Fuente: (Pérez et. al., 2010).

Finalmente, la ecuación queda como:

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_f g + 6\pi \eta r v \quad \dots \text{(ecuación 72)}$$

En el análisis anterior se considera de antemano que la velocidad de la esfera es constante, es decir, que la esfera alcanza su velocidad terminal. Una vez conociendo esta velocidad, entonces de la ecuación anterior se puede obtener la siguiente expresión para la viscosidad:

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho - \rho_f)}{9v} \quad \dots \text{(ecuación 73)}$$

Para obtener el valor de la viscosidad podemos utilizar la siguiente tabla:

Tabla n° 2. Propiedades físicas aproximadas de algunos líquidos comunes (Unidades SI)

| Líquido | Temperatura | Densidad | Peso específico | Viscosidad dinámica | Viscosidad cinemática |
|-------------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | (°C) | ρ | γ | μ | ν |
| | | (kg/m ³) | (kN/m ³) | (Ns/m ²) | (m ² /s) |
| Agua de mar | 15.6 | 1030 | 10.1 | 1.20E-03 | 1.17E-06 |
| Agua | 15.6 | 999 | 9.8 | 1.12E-03 | 1.12E-06 |

Fuente: (Munson, Young, & Okiishi, 1999)

d. DESCRIPCIÓN.

Equipo que permite tomar muestras en corrientes de flujo para determinar las características de la sedimentación.

Equipo construido íntegramente en acero inoxidable ASI-304, y vidrio transparente de 8 mm de espesor, con la finalidad que el alumno pueda observar las ocurrencias durante la experimentación.

e. MODO DE USO.

- Llenar el equipo con un fluido (agua o aceite).
- Registrar la temperatura del agua.
- Anotar el peso de las billas o bolas esféricas.
- Establecer el tramo “H” en el tubo, para la cuenta del tiempo de caída, que demore, en el recorrido, las billas o bolas esféricas.
- Dejar caer en el fluido, anotando los datos de inicio y fin. (Tiempo)
- Seguir el procedimiento para cada tamaño de bola esférica o billa, por lo menos tres veces.
- Cambiar la temperatura del agua y repetir el procedimiento.

2.2.15.10.2 VELOCIDAD TERMINAL DE PARTÍCULAS.

a. INTRODUCCIÓN.

Una partícula sólida introducida en el seno de un fluido en reposo, por efecto de la gravedad inicia un movimiento de asentamiento o descenso, que depende de las relaciones entre las densidades de la partícula y del fluido.

b. EXPERIENCIAS.

- Observar el comportamiento de las partículas o sedimentos, en la determinación experimental de la velocidad terminal de partículas en aguas quietas. Así también la velocidad teórica, usando criterios correspondientes al caso.

c. GENERALIDADES.

La determinación de la velocidad de caída posee numerosas aplicaciones en la ingeniería civil, como por ejemplo en el diseño de desarenadores, que son estructuras cuya función es retener o atrapar los sedimentos. El material transportado por las corrientes de agua posee efectos perjudiciales: disminuye el área de paso de los conductos, enarena las tierras de cultivo, impacta en los alabes de las turbinas produciendo su abrasión.

Stokes supuso que, para el caso de una esfera móvil, de diámetro D , situada en una corriente cuya velocidad uniforme es igual a U_0 , para números de Reynolds pequeños e inferiores a la unidad, es posible desprejir los términos de inercia frente a los de viscosidad llegando a establecer la expresión de la resistencia al avance de una esfera en el seno de un fluido.

$$W = \left[(\rho_s - \rho_a) * g * \frac{D^2}{18\mu} \right] \dots \text{(ecuación 74)}$$

Donde:

W : Velocidad terminal o caída de las partículas.

ρ_s, ρ_a : Densidad de las partículas sólidas y densidad del fluido.

g : Gravedad.

D : Diámetro de las partículas.

μ : Viscosidad dinámica del fluido.

Los límites de aplicación de la expresión son $2\mu\text{m} < D < 50\mu\text{m}$. (μm =micra).

Lamentablemente las limitaciones de la expresión de Stokes le dan a este cálculo un rango de aplicación muy escaso.

En la práctica, para la determinación de la velocidad terminal de una partícula se recurren a otras relaciones empíricas, sin embargo, lo más recomendable es proceder experimentalmente. La velocidad experimental se determina relacionando la distancia “ H ” recorrida por la partícula y el tiempo “ t ” que se tarda.

$$V_e = \frac{H}{t} \dots \text{(ecuación 75)}$$

d. DESCRPCIÓN.

Equipo que permite tomar muestras en corrientes de flujo para determinar las características de la sedimentación.

Equipo construido íntegramente en acero inoxidable ASI-304, y vidrio transparente de 8 mm de espesor, con la finalidad que el alumno pueda observar las ocurrencias durante la experimentación.

e. MODO DE USO.

- Llenar el equipo con un fluido (agua o aceite).
- Registrar la temperatura del fluido.
- Establecer el tramo “H” en el tubo, para la cuenta del tiempo de caída, que demore, en el recorrido, las partículas de cada muestra.
- Tomar de las muestras de los sólidos algunas partículas y colocarlas sobre la superficie líquida con mucho cuidado para no influir en el descenso de las partículas. Anotar el tamaño “D” de las partículas y el tiempo de caída.
- Seguir el procedimiento para cada tamaño de partícula por lo menos tres veces. Luego cambie el tamaño de las partículas.
- Cambiar la temperatura del agua y repetir el procedimiento.

2.2.15.11. Turbina Pelton.

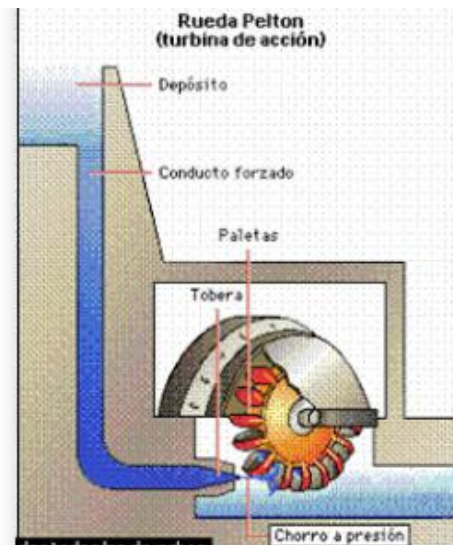
a. GENERALIDADES

Según (Polo, 1990), la Turbina Pelton tiene la peculiaridad de aprovechar solamente la energía cinética del fluido, pues no existe gradiente de presión entre la entrada y la salida de la máquina. La energía cinética del agua, en forma de chorro libre, se genera en una tobera colocada al final de la tubería a presión. La tobera está provista de una aguja de cierre para regular el gasto, constituyendo el conjunto el órgano de alimentación y de regulación de la turbina.

Las turbinas Pelton aumentan la velocidad del fluido mediante esta tobera, produciendo un chorro de agua dirigido a gran velocidad hacia las paletas. Debido a la forma de éstas, el chorro gira en casi 180°, con lo cual se produce un cambio de momento que se traspassa al eje.

La turbina PELTON debe su nombre al ingeniero norteamericano Lester Allen Pelton (1829-1908), quien en busca de oro en California concibió la idea de una rueda con cucharas periféricas que aprovecharan la energía cinética del agua que venía de una tubería y actuaba tangencialmente sobre la rueda. Por fin en 1880 patentó una turbina con palas periféricas de muy particular diseño, de tal manera que el chorro proveniente de la tubería golpea el centro de cada pala o cuchara con el fin de aprovechar al máximo el empuje del agua.

Figura n° 28: Rueda Pelton.

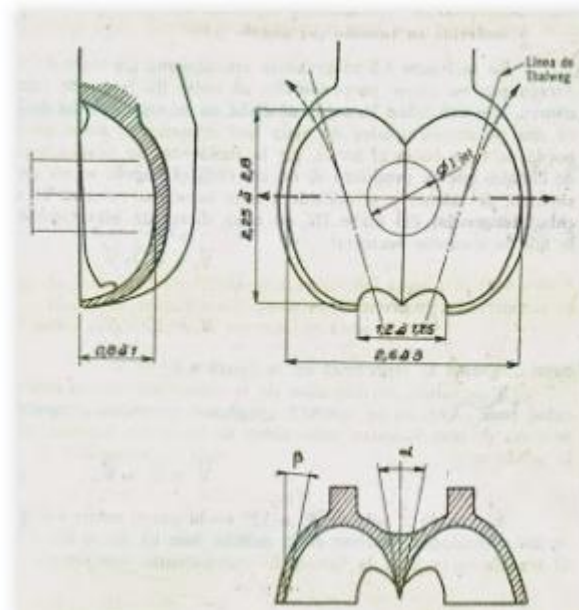


Fuente: (Polo, 1990).

A las cucharas y palas que mencionamos anteriormente se les nombran **ÁLABES**. El álabe tiene la forma de doble cuchara, con una arista diametral sobre la que incide el agua produciéndose una desviación simétrica en dirección axial, buscando un equilibrio dinámico de la máquina en esa dirección.

Las dimensiones del álabe son proporcionales al diámetro del chorro que impacta sobre él; el chorro a su vez está en función del diámetro de la rueda y de la velocidad específica. El diámetro de chorro (d_o) está entre el 5% y el 12% del diámetro de la rueda (D_p). En la siguiente figura se muestra a detalle la forma del álabe y sus variables correspondientes.

Figura n° 29: Formas del álabe.



Fuente: (Polo, 1990).

b. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

Es una turbomáquina motora, de flujo transversal, admisión parcial y de acción que consiste en una rueda (rodete o rotor) dotada de cucharas en su periferia, las cuales están especialmente realizadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las cucharas.

Se verifica la transformación y cantidad de energía mecánica, eléctrica y luminosa generados por la turbina.

En este equipo podemos cuantificar la presión del chorro, el número de revoluciones por unidad de tiempo, generación de corriente eléctrica, cuantificación del voltaje, amperaje y visualización de encendido de luminarias en el tablero.

c. MODO DE USO.

- Se le incorpora agua de la red general mediante una tubería y válvula de la poza superior hasta la cota inferior del vertedero.
- Tener cerrada la válvula que va hacia la turbina y abierta la que va a la cisterna.
- Se enciende en el tablero general eléctrico de este equipo en ON y empieza a funcionar la electrobomba de 7.5 HP.
- Se va abriendo poco a poco la válvula que va hacia las cucharas de la Pelton hasta su totalidad. Luego se va cerrando paulatinamente la válvula que va a la cisterna.
- En el tablero de mando del equipo tomamos los datos proporcionados por la turbina como son voltaje, amperios, Hz, RPM, caudal presión y torque (en vacío y con demanda, focos).
- Luego se encenderán los focos de 110v en grupo de cinco y veremos las variaciones, las que tomaremos como datos para los cálculos posteriores.

2.2.15.12. Cuba Reynolds.

a. INTRODUCCIÓN.

Según (Insua & Gonzáles, 2006), el número de Reynolds relaciona las fuerzas de inercia respecto a las fuerzas viscosas, determinado si el flujo es laminar o turbulento según su valor.

Este valor se aplica principalmente a flujo en tuberías o a cuerpos completamente inmersos en el fluido con la finalidad que la superficie libre no necesite ser considerada.

b. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

Es el único equipo que nos permite visualizar el flujo laminar, obviamente el turbulento, con la ayuda de un colorante inyectado al tubo de vidrio de visualización.

c. EXPERIENCIAS SUGERIDAS:

- Determinación del número de Reynolds.
- Visualización de flujos laminar y turbulento.

d. MODO DE USO.

- Se tiene una válvula de ingreso constante de la red general de agua, a la zona disipadora, va llenando hasta el vertedero de demasía, que luego sale por rebose la excedencia al desagüe; de esta manera mantenemos una carga constante de prueba.
- Posteriormente, en un depósito se prepara un colorante (fluocidina) diluido con agua, se va abriendo a poco las válvulas de ingreso y salida hasta alcanzar una línea recta del colorante en el tubo de prueba, este es el flujo laminar, este caudal se toma en un cubo calibrado, cuantificando el caudal volumétricamente versus tiempo en l/seg.

e. GENERALIDADES

Para el estudio de los flujos resulta conveniente identificar las diferencias que existen en el comportamiento del movimiento de los fluidos. Se admiten tres estados o regímenes de flujo (Laminar, transición y turbulento); Osborne Reynolds (1833) tras ensayar en conductos cilíndricos propuso un parámetro adimensional para identificar el tipo de régimen del flujo en una tubería.

$$R = \frac{VL}{\mu} \quad \dots \text{ (ecuación 76)}$$

Donde:

R: Parámetro adimensional, hoy conocido como número de Reynolds.

V: Velocidad media del flujo.

L: Dimensión característica normal al flujo, en el caso de tuberías es el diámetro D.

μ : Viscosidad cinemática.

Los valores críticos a partir de los cuales el flujo laminar se vuelve inestable, de acuerdo a los criterios de diferentes investigadores van desde 2000 (propuestos por Reynolds) hasta 40000 (calculados por Eckman). Sin embargo, es usual aceptar dos límites: valores menores de 2000 para el régimen laminar y mayores de 4000 para turbulento; White, propone una serie de valores que describen algunos aspectos de importancia del comportamiento del flujo.

$0 < R < 1$: Movimiento laminar “lento” altamente viscoso.

$1 < R < 100$: Laminar con fuerte dependencia del R.

$100 < R < 10^3$: Laminar, útil en la teoría de la capa límite.

$10^3 < R < 10^4$: Transición a la turbulencia.

$10^4 < R < 10^6$: Turbulento, moderada dependencia del R.

$10^6 < R < \infty$: Turbulento con débil dependencia del R.

Los flujos viscosos se pueden clasificar en laminares o turbulentos, teniendo en cuenta la estructura interna del flujo. En un régimen laminar, la estructura del flujo se caracteriza por el movimiento de láminas o capas. La estructura de flujo es un régimen turbulento por otro lado, se caracteriza por los movimientos tridimensionales, aleatorios, de las partículas del fluido, superpuestos al movimiento promedio.

2.2.15.13. Correntómetro y contador digital.

a. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Según (Aguilar, 2016), el diseño del correntómetro está concebido para poder recabar datos con tirantes pequeños debido a pequeño diámetro de sus copas y su posición horizontal respecto a su eje. El contador digital es un equipo diseñado electrónicamente con lectura en pantalla LCD, nos proporciona el número de revoluciones y el tiempo recorrido.

b. MODO DE USO.

- Se vierte la estructura en el flujo en evaluación de manera lenta a fin de evitar generar mayor turbulencia
- Se realiza la lectura en función a la profundidad pertinente por parte del ensayista.

2.3. Hipótesis

- La validación de guías y protocolos para ensayos en el laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, alcanzan un 85% de confiabilidad (Alfa de Cronbach)

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

| HIPÓTESIS | TIPOS DE VARIABLES | VARIABLES | DEFINICIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | UNIDAD |
|--|------------------------|---------------|--|---|----------------------------|-------------------|
| La validación de guías y protocolos para ensayos en el laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, aseguran un 85% de confiabilidad (Alfa de Cronbach). | DEPENDIENTE | Confiabilidad | Es un índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 y que sirve para comprobar si el instrumento que se está evaluando recopila información defectuosa o si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes. | Confiabilidad. | Alfa de Cronbach | % |
| | | INDEPENDIENTE | Protocolos y guías | Documento en los que se establecen reglas y procedimientos operativos, establecidos en orden cronológico o secuencial, basado en normativas estandarizadas. | Laboratorio de hidráulica. | Guías de ensayos. |
| | Protocolos de ensayos. | | | | | N° |

3.2. Diseño de investigación

La investigación será del tipo No Experimental Cualitativo, ya que se evaluará la confiabilidad que otorgan las guías y protocolos.

3.3. Unidad de estudio

Guías y protocolos del laboratorio de hidráulica.

3.4. Población

Laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil UPNC.

3.5. Muestra (muestreo o selección)

Guías y protocolos del laboratorio de hidráulica.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

La recolección de datos se obtendrá mediante la ficha de validación y confiabilidad de las guías y protocolos del laboratorio de hidráulica, tomando como referencia la experiencia y colaboración de los expertos en la materia como los docentes de la carrera de Ingeniería Civil y el de los proveedores de los equipos.

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

En el procesamiento de datos se utilizará la metodología del Alfa de Cronbach para medir la confiabilidad y poder validar las propuestas elaboradas.

La confiabilidad se refiere a la confianza que se tiene a las guías y protocolos propuestos, los cuales asegurarán, de acuerdo a una repetición constante, resultados técnicamente válidos.

La metodología del Alfa de Cronbach se orienta hacia la consistencia interna de una prueba. El coeficiente alfa de Cronbach puede tomar valores entre 0 y 1, donde: 0 significa confiabilidad nula y 1 representa confiabilidad total.

Para calcular el coeficiente Alfa de Cronbach se utiliza la varianza de los resultados de las fichas de validación según la escala definida por cada uno de los expertos que validaron y para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$\alpha = \left[\frac{K}{K-1} \right] * \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_t^2} \right] \quad \dots \text{(ecuación 1)}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^K S_i^2$: es la suma de varianzas de cada aspecto a validar.

S_t^2 : es la varianza del total de filas (puntaje de los expertos).

K: es el número de aspectos a validar.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Tabla n° 3. Validación de guías para ensayos del laboratorio de hidráulica.

| CALCULO DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | TESIS: Propuesta de Guías y Protocolos de ensayos del laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil UPNC, 2016 | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|---------------|
| VALIDACIÓN POR EXPERTOS (TÉCNICOS) | | | | | | | | | | |
| N° de Expertos Encuestados | | 12 | | | | | | | | |
| NOMBRES DE EXPERTOS | LEYENDA DE ASPECTOS A VALIDAR | | | | | | | | | Total de fila |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| ING. ERLYN SALAZAR HUAMÁN | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 11 |
| ING. ELMER CHÁVEZ VÁSQUEZ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. MANUEL URTEAGA TORO | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. CHRISTIAN ARANA DÁVILA | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. ROGER CERQUÍN QUISPE | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 10 |
| ING. MARTÍN VARGAS SALAZAR | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. IRENE RAVINES AZAÑERO | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 19 |
| ING. GERSON QUISPE RODRIGUEZ | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 25 |
| ING. JUAN GONZALES GARCÍA | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. TULIO GUILLÉN SHEEN | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. MARTHA HUAMÁN TANTA | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 23 |
| ING. MANUEL FERNÁNDEZ VARGAS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| Total Columna: | 23 | 23 | 23 | 21 | 23 | 23 | 24 | 23 | 22 | 205 |
| Promedio: | 1.92 | 1.92 | 1.92 | 1.75 | 1.92 | 1.92 | 2.00 | 1.92 | 1.83 | 17.08 |

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla n° 4. Cálculo de la varianza y desviación estándar para guías.

| CALCULO DE LA VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTANDAR | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| PANEL DE PROFESIONALES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total de fila |
| ING. ERLYN SALAZAR HUAMÁN | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.56 | 0.01 | 0.84 | 1.00 | 0.01 | 0.69 | 37.01 |
| ING. ELMER CHÁVEZ VÁSQUEZ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.84 |
| ING. MANUEL URTEAGA TORO | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.84 |
| ING. CHRISTIAN ARANA DÁVILA | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.84 |
| ING. ROGER CERQUÍN QUISPE | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.56 | 0.84 | 0.84 | 0.00 | 0.84 | 0.69 | 50.17 |
| ING. MARTÍN VARGAS SALAZAR | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.84 |
| ING. IRENE RAVINES AZAÑERO | 0.01 | 1.17 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 3.67 |
| ING. GERSON QUISPE RODRIGUEZ | 1.17 | 1.17 | 1.17 | 0.06 | 0.01 | 1.17 | 1.00 | 1.17 | 1.36 | 62.67 |
| ING. JUAN GONZALES GARCÍA | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.84 |
| ING. TULIO GUILLÉN SHEEN | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.84 |
| ING. MARTHA HUAMÁN TANTA | 1.17 | 0.01 | 1.17 | 0.06 | 1.17 | 1.17 | 1.00 | 0.01 | 0.03 | 35.01 |
| ING. MANUEL FERNÁNDEZ VARGAS | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.56 | 0.84 | 0.84 | 1.00 | 0.84 | 0.69 | 65.34 |
| Total Columna: | 4.92 | 4.92 | 4.92 | 2.25 | 2.92 | 4.92 | 4.00 | 2.92 | 3.67 | 258.92 |
| VARIANZA: | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.20 | 0.27 | 0.45 | 0.36 | 0.27 | 0.33 | 23.54 |
| DESV. ESTANDAR S2: | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.45 | 0.51 | 0.67 | 0.60 | 0.51 | 0.58 | 4.85 |

Fuente: Elaboración propia, 2016.

$$\alpha = \left[\frac{K}{K-1} \right] * \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_i^2} \right] \quad \dots \text{(ecuación 1)}$$

$$\sum_{i=1}^K S_i^2 = 3.2197, S_i^2 = 23.5379, K=9$$

$$\alpha = 0.9711 \text{ (CONFIABLE)}$$

Tabla n° 5. Validación de guías para protocolos del laboratorio de hidráulica.

| | |
|---|---|
| CALCULO DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | TESIS: Propuesta de Guías y Protocolos de ensayos del laboratorio de hidráulica de Ingeniería Civil UPNC, 2016 |
|---|---|

| VALIDACIÓN POR EXPERTOS (TÉCNICOS) | |
|---|-----------|
| N° de Expertos Encuestados | 12 |

| NOMBRES DE EXPERTOS | LEYENDA DE ASPECTOS A VALIDAR | | | | | | | | | Total de fila |
|------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| ING. ERLYN SALAZAR HUAMÁN | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| ING. ELMER CHÁVEZ VÁSQUEZ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. MANUEL URTEAGA TORO | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. CHRISTIAN ARANA DÁVILA | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. ROGER CERQUÍN QUISPE | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 11 |
| ING. MARTÍN VARGAS SALAZAR | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. IRENE RAVINES AZAÑERO | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 19 |
| ING. GERSON QUISPE RODRIGUEZ | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 25 |
| ING. JUAN GONZALES GARCÍA | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 19 |
| ING. TULIO GUILLÉN SHEEN | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 18 |
| ING. MARTHA HUAMÁN TANTA | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 21 |
| ING. MANUEL FERNÁNDEZ VARGAS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| Total Columna: | 23 | 23 | 25 | 22 | 22 | 23 | 23 | 22 | 22 | 205 |
| Promedio: | 1.92 | 1.92 | 2.08 | 1.83 | 1.83 | 1.92 | 1.92 | 1.83 | 1.83 | 17.08 |

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla n° 6. Cálculo de la varianza y desviación estándar para protocolos.

| CALCULO DE LA VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTANDAR | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| PANEL DE PROFESIONALES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total de fila |
| ING. ERLYN SALAZAR HUAMÁN | 0.84 | 0.84 | 0.01 | 0.03 | 0.69 | 0.84 | 0.84 | 0.69 | 0.69 | 37.01 |
| ING. ELMER CHÁVEZ VÁSQUEZ | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.84 |
| ING. MANUEL URTEAGA TORO | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.84 |
| ING. CHRISTIAN ARANA DÁVILA | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.84 |
| ING. ROGER CERQUÍN QUISPE | 0.84 | 0.84 | 1.17 | 0.69 | 0.03 | 0.84 | 0.01 | 0.69 | 0.69 | 37.01 |
| ING. MARTÍN VARGAS SALAZAR | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.84 |
| ING. IRENE RAVINES AZAÑERO | 0.01 | 1.17 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 3.67 |
| ING. GERSON QUISPE RODRIGUEZ | 1.17 | 1.17 | 0.84 | 0.03 | 0.03 | 1.17 | 1.17 | 1.36 | 1.36 | 62.67 |
| ING. JUAN GONZALES GARCÍA | 0.01 | 0.01 | 0.84 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 3.67 |
| ING. TULIO GUILLÉN SHEEN | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.84 |
| ING. MARTHA HUAMÁN TANTA | 1.17 | 0.01 | 0.84 | 0.03 | 0.03 | 1.17 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 15.34 |
| ING. MANUEL FERNÁNDEZ VARGAS | 0.84 | 0.84 | 1.17 | 0.69 | 0.69 | 0.84 | 0.84 | 0.69 | 0.69 | 65.34 |
| Total Columna: | 4.92 | 4.92 | 4.92 | 1.67 | 1.67 | 4.92 | 2.92 | 3.67 | 3.67 | 228.92 |
| VARIANZA: | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.15 | 0.15 | 0.45 | 0.27 | 0.33 | 0.33 | 20.81 |
| DESV. ESTANDAR S2: | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.39 | 0.39 | 0.67 | 0.51 | 0.58 | 0.58 | 4.56 |

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

$$\alpha = \left[\frac{K}{K-1} \right] * \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_i^2} \right] \quad \dots \text{(ecuación 1)}$$

$$\sum_{i=1}^K S_i^2 = 3.0227, S_i^2 = 20.8106, K=9$$

$$\alpha = 0.9616 \text{ (CONFIABLE)}$$

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos obtenidos de las fichas de validación, en las que los expertos (ingenieros civiles) validaron según los aspectos propuestos, se procesaron los datos con la finalidad de determinar la confiabilidad de las guías y protocolos de ensayos para el laboratorio de hidráulica de la Universidad Privada del Norte Cajamarca.

5.1. Validación de guías de ensayos del laboratorio de hidráulica.

Mediante la validación hecha por los expertos, se obtuvo una confiabilidad de:

$$\alpha=0.9711 \text{ (Confiable)}$$

Para determinar cómo los expertos (ingenieros civiles) validan acerca de las guías de ensayos para el laboratorio de hidráulica, se realizaron fichas de validación utilizando la escala de Likert, obteniendo así:

Tabla n° 7. Promedio de validación de guías de ensayos del laboratorio de hidráulica.

| NOMBRES DE EXPERTOS | Total de fila | Promedio fila |
|------------------------------|---------------|---------------|
| ING. ERLYN SALAZAR HUAMÁN | 11 | 1.22 |
| ING. ELMER CHÁVEZ VÁSQUEZ | 18 | 2.00 |
| ING. MANUEL URTEAGA TORO | 18 | 2.00 |
| ING. CHRISTIAN ARANA DÁVILA | 18 | 2.00 |
| ING. ROGER CERQUÍN QUISPE | 10 | 1.11 |
| ING. MARTÍN VARGAS SALAZAR | 18 | 2.00 |
| ING. IRENE RAVINES AZAÑERO | 19 | 2.11 |
| ING. GERSON QUISPE RODRIGUEZ | 25 | 2.78 |
| ING. JUAN GONZALES GARCÍA | 18 | 2.00 |
| ING. TULLIO GUILLÉN SHEEN | 18 | 2.00 |
| ING. MARTHA HUAMÁN TANTA | 23 | 2.56 |
| ING. MANUEL FERNÁNDEZ VARGAS | 9 | 1.00 |

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según los datos de la tabla anterior, se obtuvo que el 25% de los expertos (ingenieros civiles) validan las guías como Excelente, 58.33% validan de las guías como Muy bien y 16.67% validan las guías como Bien.

5.2. Validación de protocolos de ensayos del laboratorio de hidráulica.

Mediante la validación hecha por los expertos, se obtuvo una confiabilidad de:

$$\alpha=0.9616 \text{ (Confiable)}$$

Para determinar cómo los expertos (ingenieros civiles) validan acerca de los protocolos de ensayos para el laboratorio de hidráulica, se realizaron fichas de validación utilizando la escala de Likert, obteniendo así:

Tabla n° 8. Promedio de validación de protocolos de ensayos del laboratorio de hidráulica.

| NOMBRES DE EXPERTOS | Total de fila | Promedio fila |
|------------------------------|---------------|---------------|
| ING. ERLYN SALAZAR HUAMÁN | 11 | 1.22 |
| ING. ELMER CHÁVEZ VÁSQUEZ | 18 | 2.00 |
| ING. MANUEL URTEAGA TORO | 18 | 2.00 |
| ING. CHRISTIAN ARANA DÁVILA | 18 | 2.00 |
| ING. ROGER CERQUÍN QUISPE | 11 | 1.22 |
| ING. MARTÍN VARGAS SALAZAR | 18 | 2.00 |
| ING. IRENE RAVINES AZAÑERO | 19 | 2.11 |
| ING. GERSON QUISPE RODRIGUEZ | 25 | 2.78 |
| ING. JUAN GONZALES GARCÍA | 19 | 2.11 |
| ING. TULIO GUILLÉN SHEEN | 18 | 2.00 |
| ING. MARTHA HUAMÁN TANTA | 21 | 2.33 |
| ING. MANUEL FERNÁNDEZ VARGAS | 9 | 1.00 |

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según los datos de la tabla anterior, se obtuvo que el 25% de los expertos (ingenieros civiles) validan los protocolos como Excelente, 66.67% validan los protocolos como Muy bien y 8.33% validan de los protocolos como Bien.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

- La validación de guías y protocolos de ensayos del laboratorio de hidráulica de la Universidad Privada del Norte Cajamarca, reportó un nivel de confianza promedio de 96.64%, superando así a la hipótesis planteada.
- Según la escala de Likert, para las guías y protocolos de ensayos del laboratorio de hidráulica de la Universidad Privada del Norte Cajamarca, 25% de los expertos validaron como Excelente, 62.50% de los expertos validaron como Muy bien y 12.50% de los expertos validaron como Bien.

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES

- Evaluar el uso de las guías y protocolos propuestos para mejorar o ampliar conocimientos para una mejora continua en el uso de los laboratorios.
- Antes de utilizar estas guías y protocolos propuestos, se debe revisar que el equipo a utilizar se encuentre calibrado a la actualidad.

REFERENCIAS

- CARRILLO SÁNCHEZ , J. M. (2004). *DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE DISTRIBUCIONES DE VELOCIDAD E ÍNDICES TURBULENTOS DE ALGUNOS TIPOS DE RESALTOS HIDRÁULICOS* . Cartagena: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
- Rey, R. D., & Soldatova, L. N. (2006). *Una ontología de experimentos científicos*. SOC Interface.
- Rojas , F. (2010). *Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición: "Aspectos generales sobre la validación de métodos"*. Santiago de Chile.
- Aguilar Aliaga, O. (2016). *Manual de seguridad del laboratorio de hidráulica*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Alvadaró, C. (2008). *Flujo en canales abiertos*. Caracas: UNEFA.
- Bendezu Prado, J. L. (2014). *Laboratorio de mecánica de fluidos II*. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Botía Calderón, J. C. (2004). *LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRAULICOS*. Colombia: Univesidad Nacional de Colombia.
- Canales, F., Alvarado, E., & Pineda, E. (1986). *Metodología de la Investigación.Manual para el desarrollo del personal de salud*. Mexico: Limusa.
- Castrejón Rodríguez, J. M., & Huaripata Huamán, C. (2016). *PROPUESTA Y VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE LOS LABORATORIOS DE SUELO Y CONCRETO DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA*. Cajamarca: UPNC.
- Consejería de Salud. (2009). *Guía de diseño y mejora continua de procesos asistenciales integrados*. Andalucía.
- Estrada Gutierrez, G. (2010). *Laboartorio de Hidraulica de canales*.
- Giraldo Pasmin, O. X. (2011). *MANEJO DEL CONOCIMIENTO DE LOS CUADERNOS DE LABORATORIO*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Gonzáles de Olarte, E. (2010). *Política de calidad de los laboratorios de la PUC*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- González , J., & Santacruz, M. (2015). *Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert*. 62-67.
- Hernández Durán , N. (2010). *GUIAS DE LABORATORIO DE HIDRAULICA I*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
- Hernández, M. (2013). *Validación de métodos de ensayo y estimación de la incertidumbre de medida conforme a la norma ISO/IEC 17025 Aplicación al análisis de aguas residuales y continentales* . España: Universidad de Valladolid.
- INDECOPI-CRT. (2003). *Aprueban Guía para la Validación de Métodos de Ensayo y las Directrices para la Implementación y Evaluación de Métodos de Ensayo Sensoriales*. Lima: El Peruano.
- Insua Sharps, C., & Gonzáles Linares, C. (2006). *GUIA DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA*. Lima: Univerisdad Ricardo Palma.
- International Organization for Standardization (ISO). (2005). Ginebra.
- Llauradó, O. (12 de diciembre de 2014). *LA ESCALA DE LIKERT: QUÉ ES Y CÓMO UTILIZARLA*. Obtenido de <http://www.netquest.com/blog/es/la-escala-de-likert-que-es-y-como-utilizarla/>
- Lorenzo, E., Bellón, D., & López, g. (2010). *Hidrología e Hidráulica Aplicadas*.
- Lugo, G. (2006). *La importancia de los laboratorios-Ingeniería*. México: Contrucción Y tecnología.
- M.Sc: Torres, I., PhD: Guzmán Luna, J., & M.Sc: López Bonilla, M. (2015). *Ontologías para modelar la Investigación Científica en Ingeniería Civil*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Marbello Pérez, R. (2005). *MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE HIDRÁULICA*. Medellín: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- Mestra, G., & Osorio, C. (2011). *Laboratorio de hidráulica/ guías de laboratorio*. Barrnquilla: Universidad de la Costa.

- Minchán, D. (2015). *Diagnóstico Situacional del Uso de Laboratorios de Mecánica de Suelos, Concreto e Hidráulica de la Universidad Privada Del Norte y Elaboración de Propuestas de Mejora*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Montalván , A., Veitia, E., & Gonzáles , B. (2011). *Experiencia en la validacion de procedimientos analíticos en el laboratorio de ensayos del centro de Ingeniería Ambiental de Camaguey, Cuba*. Cuba: Conference Paper.
- Munson, B., Young, D., & Okiishi, T. (1999). *Fundamentos de mecánica de fluidos*. México: LIMUSA.
- Ordoñez, H. (2007). *Generación de un Manual de Calidad para el Laboratorio de Geotecnia de la Unversiad de las Américas Puebla*. Mexico: Universidad de las Amércias Puebla.
- Ospina , B. (2003). *La escala de Likert en la valoración de los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en el cuidado de la salud*. Antioquía: Universidad de Antioquía.
- Pérez Trejo, L., Méndez Sánchez, A., & Iturbe Ponce, J. M. (2010). *Velocidad terminal de una esfera descendente y la viscosidad de fluidos: diferencia entre fluidos newtonianos y no newtonianos*. México: Instituto Politécnico Nacional Adolfo López Mateos.
- Polo Encinas, M. (1990). *Turbomáquinas hidráulicas*. México: Limusa.
- Ruiz, L. (2008). *Validación de prácticas y metodologías analíticas en el laboratorio de aguas de C.E.S según requisitos de la NTC ISO/IEC 17025 para aseguramiento de calidad analítica*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Soltelo Ávila, G. (1997). *HIDRÁULICA GENERAL*. MéxicoLimusa.
- Subdirección de Gestión y Estudios-PUC. (2013). *MANUAL DE SEGURIDAD PARA LABORATORIOS*. Chile: Pontificia Universidad Catolica de Chile.

ANEXOS

- Panel fotográfico.
 - a. Banco de pérdidas en tuberías.

Figura n° 30. Equipo de banco de pérdidas en tuberías.



Figura n° 31. Abrimos la válvula compuerta.



Figura n° 32. Ponemos en marcha la electrobomba.



Figura n° 33. Llenamos la cisterna manteniendo una carga constante.



Figura n° 34. Abrimos la válvula de entrada de agua para la tubería que deseamos ensayar.



Figura n° 35. Tomamos el dato inicial de volumen. Asimismo, Empezamos a controlar el tiempo.



Figura n° 36. Tomamos nota de las alturas de agua generadas. El dato inicial de volumen.



Figura n° 37. Anotamos el volumen final y el tiempo del ensayo.



b. Canal de pendiente variable.

Figura n° 38. Resalto hidráulico.



Figura n° 39. Descarga de fondo.



Figura n° 40. Fotografía del ensayo descarga a través de vertederos.



Figura n° 41. Fotografía de medición del tirante hidráulico en "a", para el ensayo de energía específica.



Figura n° 42. Fotografía de medición del tirante hidráulico en “b”, para el ensayo de energía específica.



c. Centro de presiones.

Figura n° 43. Fotografía de nivelación del sistema.



Figura n° 44. Llenado de agua hasta el cero de la regla de mediciones.



Figura n° 45. Aumentamos la carga y nivelamos con la pesa, obteniendo una medida “a”.



Figura n° 46. Aumentamos la carga hasta el vértice del cuadrante superior del equipo, nivelamos y obtenemos una medida “b”.



d. Caplé.

Figura n° 47. Preparamos el equipo para sumergirlo.



Figura n° 48. Sumergimos el equipo.



Figura n° 49. Obtenemos la muestra.



- e. Demostración del teorema de Bernoulli.

Figura n° 50. Suministramos agua al equipo.



Figura n° 51. Abrimos la válvula compuerta.



Figura n° 52. Encendemos la bomba.



Figura n° 53. Tomamos los datos de los manómetros.



- f. Descarga por orificio y trayectoria de chorro libre.

Figura n° 54. Abrimos la válvula que se encuentra sobre la motobomba.



Figura n° 55. Disipador de energía tubular.



Figura n° 56. Damos una carga constante con la compuerta tipo ataguía.



Figura n° 57. Verificamos el tipo de plancha con orificio que se está utilizando.



Figura n° 58. Medimos la altura de agua en el vertedero, para calcular el caudal.



Figura n° 59. Medimos al chorro en varios puntos de su trayectoria.



g. Estabilidad de cuerpos flotantes.

Figura n° 60. Introducimos el cuerpo flotante en el agua y recorremos el peso inclinado.



h. Mesa de analogía de Stokes.

Figura n° 61. Adicionando colorante.

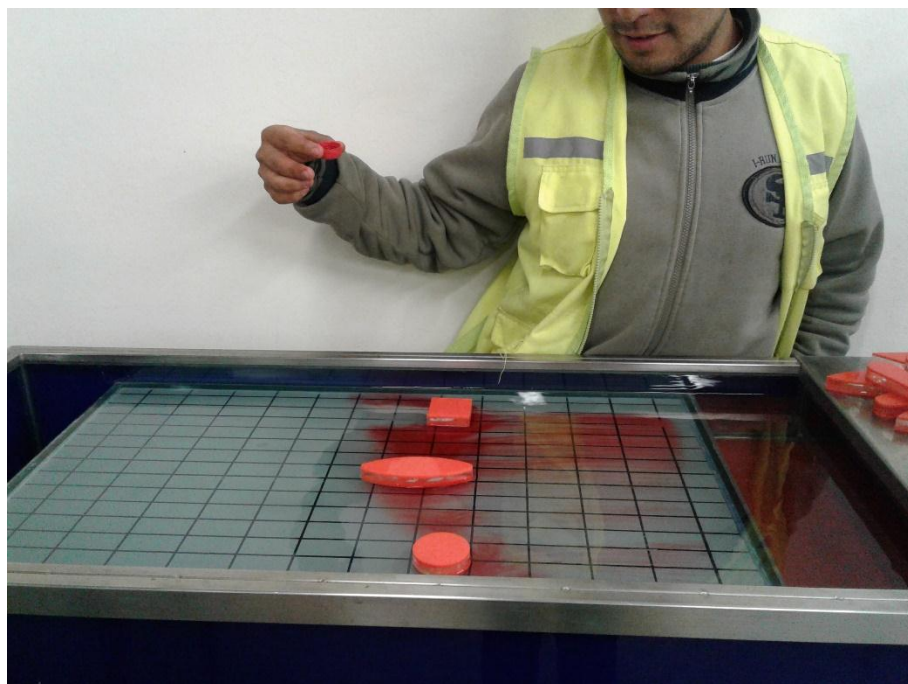


Figura n° 62. Observamos las líneas de corriente en el perfil cuadrado.

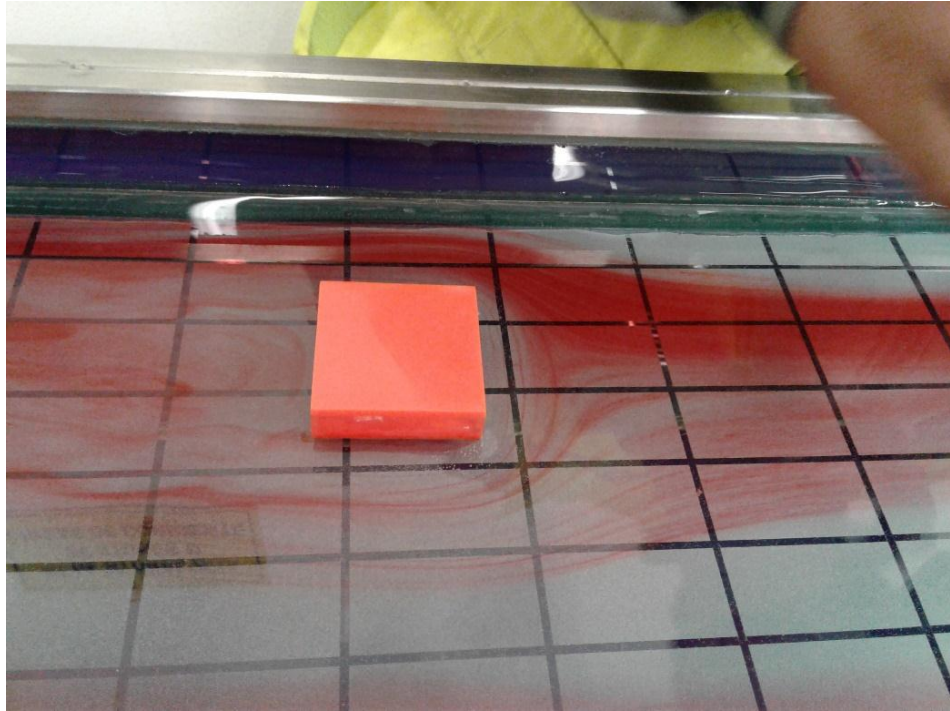
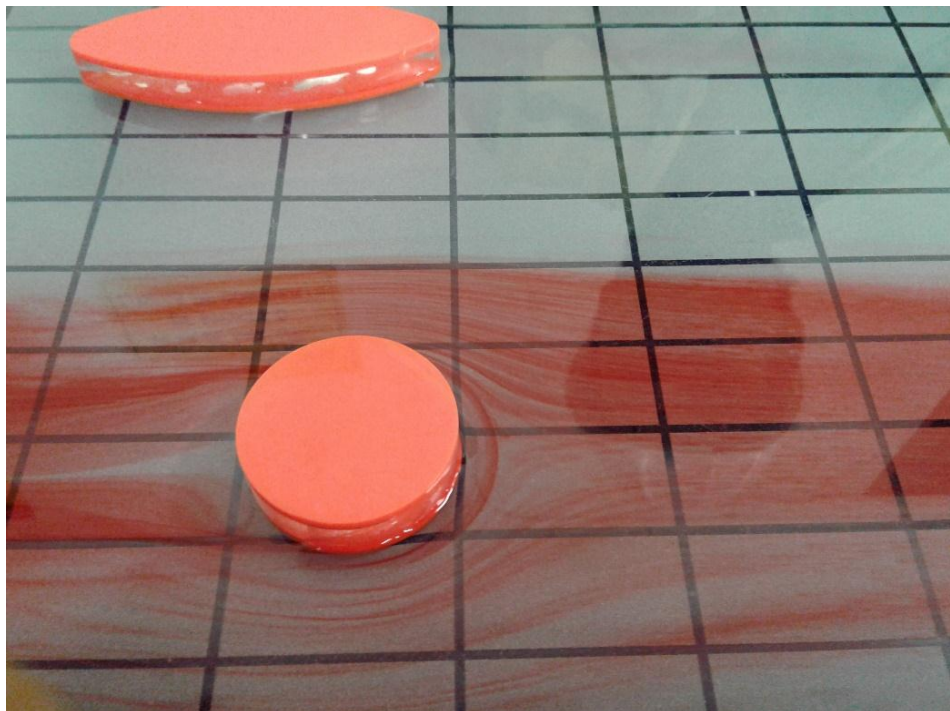


Figura n° 63. Observamos las líneas de corriente en el perfil circular.



i. Teclc.

Figura n° 64. En esta fotografía se puede observar el teclc.



j. Tubo de sedimentación.

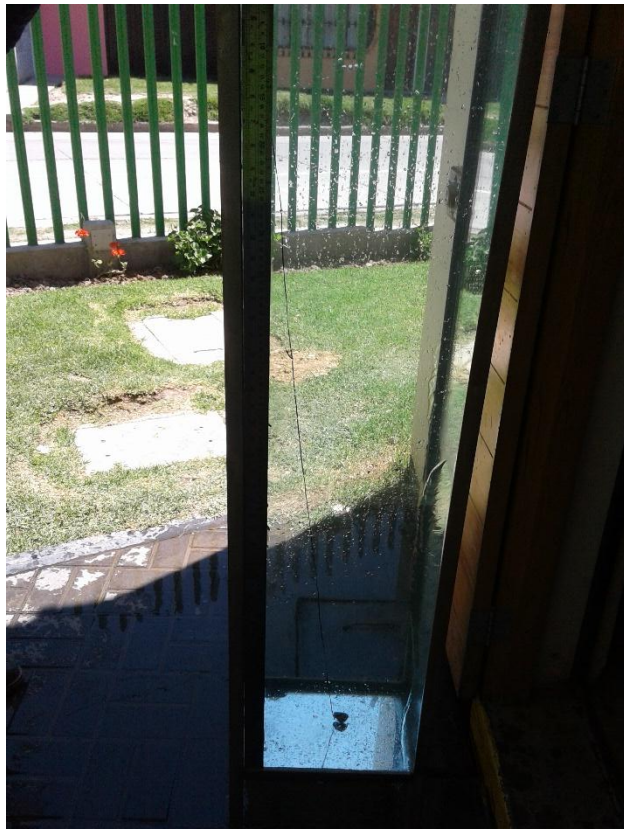
Figura n° 65. Llenamos el equipo con agua.



Figura n° 66. Dejamos caer al fluido el objeto, empezamos a controlar el tiempo.



Figura n° 67. Anotamos el tiempo en que el objeto llegó al final.



k. Turbina Pelton.

Figura n° 68. Incorporamos agua de la red general.



Figura n° 69. Abrimos la válvula que va hacia las cucharas de la turbina y anotamos la presión de salida.



Figura n° 70. Tomamos los datos arrojados por la turbina.



Figura n° 71. Anotamos la altura de agua en el vertedero para calcular el caudal.



Figura n° 72. Encendemos los focos y anotamos las variaciones.



I. Cuba Reynolds.

Figura n° 73. Abriendo la válvula de la red general.



Figura n° 74. Llenamos la cuba hasta el vertedero de demasía, para obtener carga constante.



Figura n° 75. Abrimos la válvula de ingreso de colorante.



Figura n° 76. Abrimos la válvula de salida.



Figura n° 77. Cerramos la válvula de salida, hasta que alcanzamos un flujo laminar.



Figura n° 78. Obtenemos el caudal de un cubo volumétrico calibrado y del tiempo.

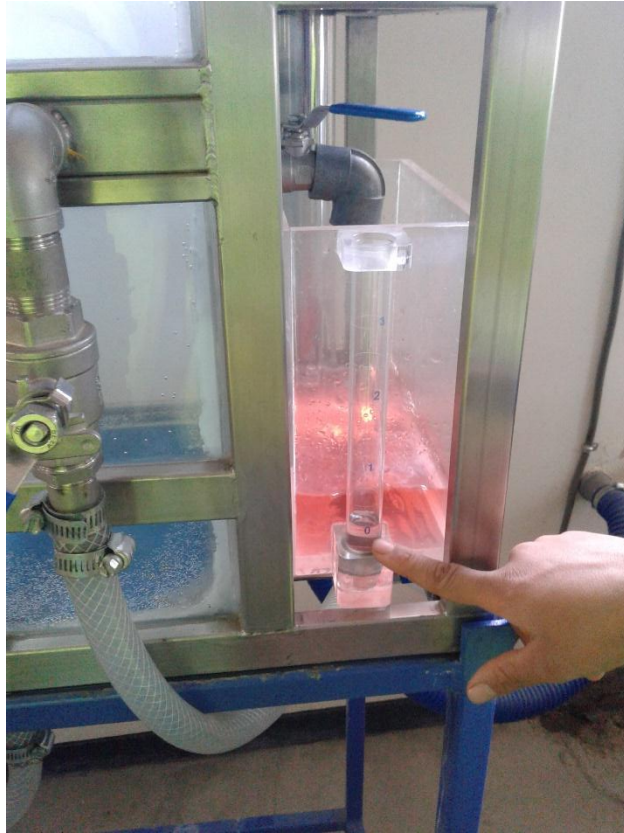


Figura n° 79. Abrimos la válvula de salida y generamos un flujo turbulento.

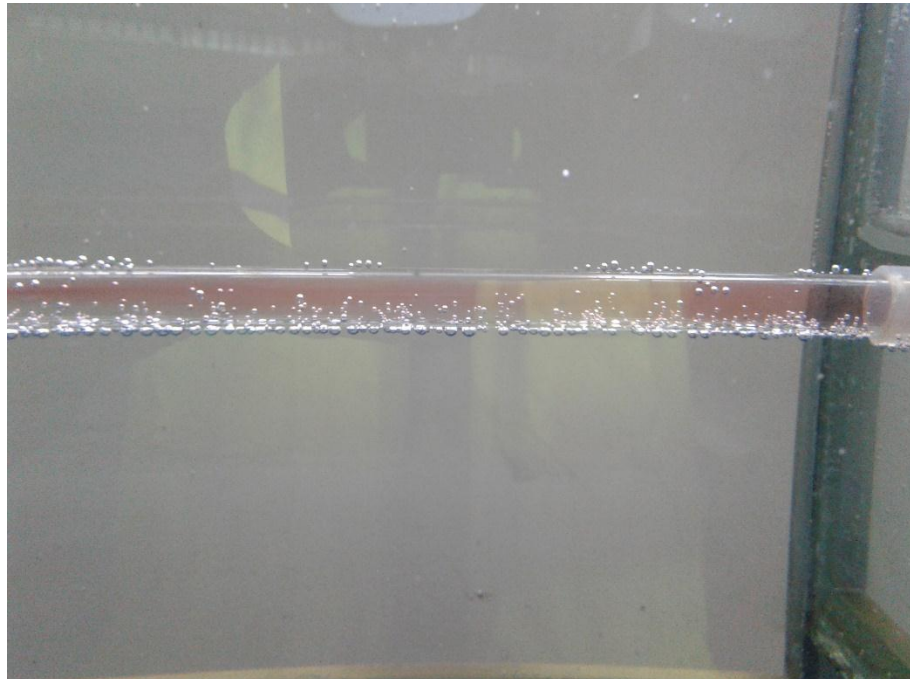
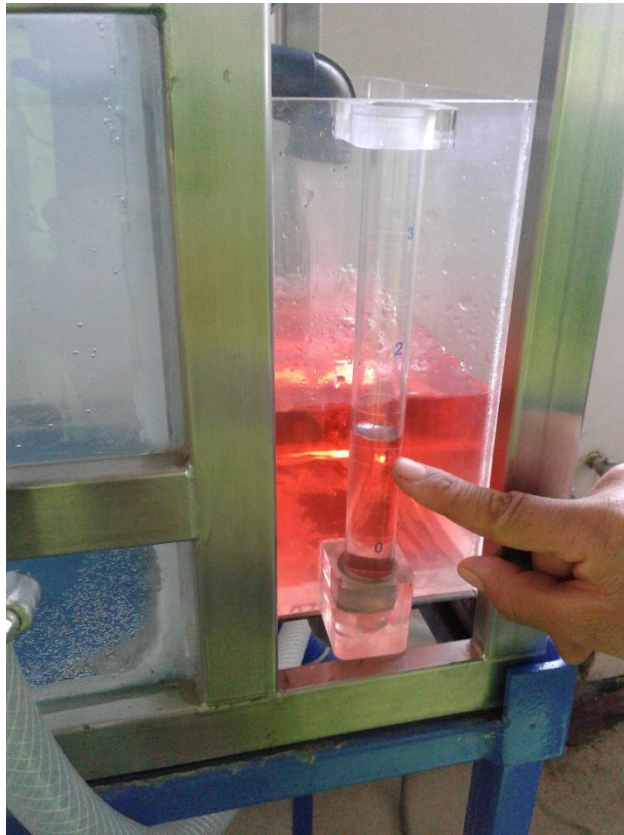


Figura n° 80. Obtenemos el caudal para flujo turbulento.



m. Correntómetro.

Figura n° 81. Con la ayuda del señor Víctor, armamos el correntómetro.



Figura n° 82. Ingresamos el correntómetro en el flujo.



Figura n° 83. Tomamos los datos.



- Se anexan las guías y protocolos de los ensayos para el laboratorio de hidráulica.

ANEXO 01 – BANCO DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS.

BANCO DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS

RESUMEN

A medida que un fluido fluye por un conducto, tubo o algún otro dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción que hay entre el líquido y la pared de la tubería; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.

Equipo

- ✓ Banco de pérdidas en tuberías.
- ✓ Cronómetro.

Procedimiento

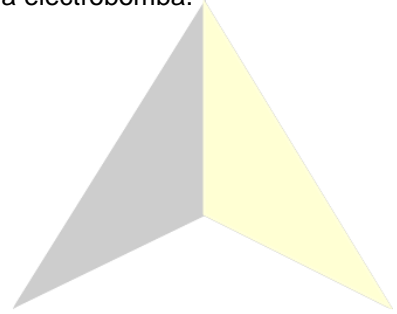
- ✓ Abrir la válvula compuerta que se encuentra debajo del canal de pendiente variable.
- ✓ En la parte posterior de la estructura circular se tiene un tablero de mando eléctrico compartido con el canal de pendiente variable.
- ✓ Para poner en marcha solo presionar la botonera verde (ON), rojo (OFF). La electrobomba de 5 HP que está debajo del canal de pendiente variable empezará a funcionar y succionar e impulsar el agua hacia la zona cilíndrica, el que nos proporciona carga constante para las pruebas a realizar.
- ✓ Cerciorarse que el volumen de agua de la cisterna sea lo suficiente, puede ser mayor pero nunca menor que la altura de rebose, de ser así podríamos succionar aire y malograr la electrobomba.
- ✓ Abrir la válvula de salida de agua, para cada tubería.
- ✓ Abrir la válvula de entrada de agua para cada tubería.
- ✓ Dejar trabajar unos minutos para evacuar burbujas de aire y que el funcionamiento sea homogéneo, escogemos la tubería de prueba.
- ✓ Cerrar la válvula de ingreso de agua y tomar la lectura del medidor, según la tubería que se esté ensayando.
- ✓ Abrir la válvula de ingreso de agua tomando medida del tiempo desde ese instante hasta el término de la prueba.
- ✓ Tomar las longitudes de las tuberías sin considerar el accesorio, tomando nota del tipo de accesorio que se encuentra en cada tramo de tubería.
- ✓ Tomar lectura de las alturas de columna de agua que se visualiza en el piezómetro para cada uno de los tramos de tubería.
- ✓ Medir la carga de agua sobre el vertedero de 27° mediante un tubo comunicante utilizando el limnómetro, verificando que el nivel de agua sea constante.
- ✓ Cerrar la válvula de ingreso de agua de la tubería en que se esté trabajando, tomando el tiempo transcurrido desde la apertura de esta. Tomando en cuenta que la válvula de salida de agua siempre debe permanecer abierta.
- ✓ Tomar lectura del medidor de agua según la tubería que se esté trabajando.
- ✓ Para el apagado del equipo, cerrar la válvula de entrada del agua.



ENSAYO:

BANCO DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS

- ✓ En el tablero de mando eléctrico presionar la botonera roja (OFF).
- ✓ Finalmente cerrar la válvula de entrada del agua desde la electrobomba.





LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|-------------------------------|--|
| ENSAYO | BANCO DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: BPT-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

BANCO DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS

TOMA DE DATOS

| N° ensayo | φ Tubería (m) | Material | Vol. Inicial (m³) | Vol. Final (m³) | Tiempo (s) |
|-----------|---------------|----------|-------------------|-----------------|------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| N° ensayo | L1 (m) | L2 (m) | L3 (m) | L4 (m) | Acc. 1 | Acc. 2 | Acc. 3 | Acc. 4 | h 1 (m) | h 2 (m) | h 3 (m) | h 4 (m) |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

RESULTADOS

| N° ensayo | hl 1 (m) | hl 2 (m) | hl 3 (m) | hl 4 (m) | hf 1 (m) | hf 2 (m) | hf 3 (m) | hf 4 (m) |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + EA - EE - EP = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Donde:

Z_n : Energía potencial (m).

$\frac{P_n}{\gamma_n}$: Energía de presión (metros de columna de agua (m.c.a)).

$\frac{V_n^2}{2g}$: Energía cinemática (m).

EA : Energía añadida (m).

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|-------------------------------|--|
| ENSAYO | BANCO DE PÉRDIDAS EN TUBERÍAS | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: BPT-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

EE: Energía extraída (m).

EP: Energía perdida (m).

P_n: Presión en el punto (kg-f/m²).

1 m.c.a=1000kg-f/m².

Y_n: Peso específico del líquido; si es agua entonces= 1000Kg-f/m³.

V_n: Velocidad (m/s).

g: Gravedad (m/s²).

$$EP = h_f + h_l$$

h_f: Pérdidas de carga por fricción (m).

h_l: Pérdidas de carga locales (m).

Para calcular las pérdidas de carga por fricción (h_f):

$$h_f = \left(\frac{3.5908QL^{0.54}}{CD^{2.63}} \right)^{1.85}$$

Donde:

Q: Caudal (l/s).

L: Longitud (m).

D: Diámetro (m).

C: Coeficiente de fricción de Hazen y Williams.

Para calcular pérdidas locales (h_l):

$$h_l = k \left(\frac{V^2}{2g} \right) = \frac{8kQ^2}{g\pi^2 D^4}$$

Donde:

k: Coeficiente para cada tipo de accesorio.

| TIPO DE TUBERÍA | C |
|----------------------------------|-----|
| Acero sin costura | 120 |
| Acero soldado en espiral | 100 |
| Cobre sin costura | 150 |
| Concreto | 110 |
| Fibra de vidrio | 150 |
| Hierro fundido | 100 |
| Hierro fundido con revestimiento | 140 |
| Hierro galvanizado | 100 |
| Polietileno, Asbesto Cemento | 140 |
| Poli cloruro de vinilo (PVC) | 150 |
| Fuente: R.N.E. | |

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 02 – RÉGIMEN HIDRÁULICO.

RÉGIMEN HIDRÁULICO

RESUMEN

Los sistemas de canales abiertos se diseñan con el fin de transportar líquidos desde un lugar determinado hasta otro con una altura de cota menor a la inicial, manteniendo un caudal o una razón de flujo constante bajo la influencia de la gravedad.

El parámetro que representa este efecto gravitacional es el Número de Froude, se expresa de forma adimensional.

Equipo

- ✓ Canal de pendiente variable.
- ✓ Wincha o regla.
- ✓ Limnómetro.

Procedimiento

- ✓ Abrir la válvula compuerta que se encuentra debajo del canal de pendiente variable.
- ✓ En la parte posterior de la estructura circular se tiene un tablero de mando eléctrico compartido con el banco de pérdidas en tuberías.
- ✓ Para poner en marcha solo presionar la botonera verde (ON), rojo (OFF). La electrobomba de 5 HP que está debajo del canal de pendiente variable empezará a funcionar.
- ✓ Introducir un obstáculo, en este caso el vertedero.
- ✓ Tomar medias aguas arriba y aguas abajo del tirante que es igual al tirante medio, porque el canal es rectangular, (h). Utilizando el limnómetro.
- ✓ El caudal $Q(l/s)$ se cuantifica en el vertedero triangular de salida de $53^\circ 8'$ donde se lee la carga sobre el vertedero en el limnómetro instalado lateralmente, vía tubo comunicante la altura en mm.
- ✓ Regular el caudal, éste debe permanecer constante durante el ensayo.
- ✓ Medir la sección mojada en ambos puntos de medida, aguas arriba y aguas abajo del obstáculo.
- ✓ Estimar la velocidad a partir de la medida del caudal y de la sección mojada(S)
- ✓ Se observará que para un mismo caudal la sección mojada y el tirante aguas arriba del vertedero es superior y que las velocidades del fluido son bajas, mientras que aguas abajo se apreciara una corriente torrencial, el tirante y la superficie mojada es inferior; si se coloca un obstáculo en estas condiciones se producirá un cambio de régimen a lento, incrementando el tirante con riesgo de desbordamiento del agua.
- ✓ Determinar el régimen hidráulico utilizando el número de Froude.
- ✓ Para el apagado del equipo en el tablero de mando eléctrico presionar la botonera roja (OFF).
- ✓ Finalmente cerrar la válvula de entrada del agua desde la electrobomba.



ENSAYO

RÉGIMEN HIDRÁULICO

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

RHN-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

RÉGIMEN HIDRÁULICO

NÚMERO DE FROUDE

FORMULAS A UTILIZAR

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * h(\text{tirante})}}; V = \frac{Q(\frac{l}{s})}{S(m^2)}$$

Donde:

Fr: Número de Froude.

V: Velocidad(m/s)

g: Aceleración(m/s²)

h_{tirante}: Altura del tirante(m).

Q: Caudal(l/s).

S: Sección mojada(m²)

| | |
|------|--|
| Fr>1 | Flujo subcrítico, fluvial o tranquilo |
| Fr=1 | Flujo crítico. |
| Fr<1 | Flujo supercrítico, rápido o torrencial. |

TOMA DE DATOS

| Medidas | Q(l/s) | L(cm) | h arriba(cm) | h abajo(cm) |
|---------|--------|-------|--------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

RESULTADOS

| AGUAS ARRIBA DEL VERTEDERO | | | | AGUAS ABAJO DEL VERTEDERO | | | |
|----------------------------|--------|----------------|-----------|---------------------------|--------|----------------|-----------|
| Sección(m ²) | V(m/s) | $\sqrt{g * h}$ | Nº FROUDE | Sección(m ²) | V(m/s) | $\sqrt{g * h}$ | Nº FROUDE |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO

RÉGIMEN HIDRÁULICO

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

RHN-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:



OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 03 – RESALTO HIDRÁULICO.

RESALTO HIDRÁULICO

RESUMEN

Un salto hidráulico se formará en una conducción si el flujo es supercrítico, es decir, si el número de Froude es mayor que uno. El salto hidráulico tiene muchas aplicaciones en la ingeniería, se utiliza como disipador de energía de las aguas que escurren sobre canalizaciones para prevenir la erosión o socavación; para recuperar niveles de agua en canales con propósitos de medición o distribución de las aguas; también se utiliza como herramienta estructural para incrementar peso sobre un lecho amortiguador con la finalidad de reducir la presión hacia arriba.

Equipo

- ✓ Canal de pendiente variable.
- ✓ Limnómetro.

Procedimiento

- ✓ Abrir la válvula compuerta que se encuentra debajo del canal de pendiente variable.
- ✓ En la parte posterior de la estructura circular se tiene un tablero de mando eléctrico compartido con el banco de pérdidas en tuberías.
- ✓ Para poner en marcha solo presionar la botonera verde (ON), rojo (OFF). La electrobomba de 5 HP que está debajo del canal de pendiente variable empezará a funcionar.
- ✓ Introducir un obstáculo, en este caso el vertedero, colocar el dispositivo tranquilizador el cual evita la propagación de ondas en la superficie del canal que dificulten las medidas.
- ✓ Establecer en el canal del laboratorio un flujo supercrítico.
- ✓ El caudal $Q(l/s)$ se cuantifica en el vertedero triangular de salida de $53^\circ 8'$ donde se lee la carga sobre el vertedero en el limnómetro instalado lateralmente, vía tubo comunicante la altura en mm.
- ✓ Mediante la compuerta de salida debe establecer una obstrucción, inicialmente se formará un resalto que se va desplazando aguas abajo, se observará que aguas abajo de la compuerta el régimen es rápido.
- ✓ Una vez establecido el resalto con el limnómetro medir las profundidades aguas arriba y aguas abajo del resalto, es decir Y_1 e Y_2 .
- ✓ Con los datos obtenidos determinar el valor de Froude del flujo de aguas arriba y aguas abajo del salto.
- ✓ Calcular las longitudes con las relaciones propuestas para la estimación de la longitud del salto.
- ✓ Para el apagado del equipo en el tablero de mando eléctrico presionar la botonera roja (OFF).
- ✓ Finalmente cerrar la válvula de entrada del agua desde la electrobomba.



LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|--------------------|---|
| ENSAYO | RESALTO HIDRÁULICO | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RH-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

RESALTO HIDRÁULICO

TOMA DE DATOS

| Ensayo N° | Q(l/s) | h arriba(cm) | h abajo(cm) | Y ₁ (m) | Y ₂ (m) | L(m) |
|-----------|--------|--------------|-------------|--------------------|--------------------|------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

RESULTADOS

| EXPERIMENTALES | | | | | TEÓRICOS | | | | |
|----------------|--------|--------------------|--------------------|------|----------|----|------|------|--------------------------|
| Ensayo N° | Q(l/s) | Y ₁ (m) | Y ₂ (m) | L(m) | F1 | F2 | L(m) | h(m) | Característica del salto |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$h = E_1 - E_2 = \frac{(Y_2 - Y_1)^3}{(4Y_2 Y_1)} ; L = 4.5(Y_2 / Y_1)$$

Donde:

Y₁: Profundidad aguas arriba del resalto.

Y₂: Profundidad aguas abajo del resalto.

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO

RESALTO HIDRÁULICO

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

RH-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

L: Longitud del salto.

h: Perdida de energía en el salto

h_{arriba}, _{abajo}: Altura del calado, para hallar el número de Froude.

Para determinar el número de Froude seguir la guía Régimen Hidráulico.

Para valores de F_1

1.0 a 1.7

1.7 a 2.5

2.5 a 4.5

4.5 a 9.

>9.0

Tipos de salto hidráulico

Ondular

Débil

Oscilante

Permanente

Fuerte

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 04 – DESCARGA A TRAVÉS DE COMPUERTA DE FONDO.

ENSAYO:

DESCARGA A TRAVÉS DE COMPUERTA DE FONDO

DESCARGA A TRAVÉS DE COMPUERTA DE FONDO

RESUMEN

Es una estructura hidráulica que mide la cantidad de flujo que atraviesa un borde biselado en un área determinada, dicho flujo toca un punto en la compuerta.

Equipo

- ✓ Canal de pendiente variable.
- ✓ Limnómetro.
- ✓ Wincha
- ✓ Regla.

Procedimiento

- ✓ Abrir la válvula compuerta que se encuentra debajo del canal de pendiente variable.
- ✓ En la parte posterior de la estructura circular se tiene un tablero de mando eléctrico compartido con el banco de pérdidas en tuberías.
- ✓ Para poner en marcha solo presionar la botonera verde (ON), rojo (OFF). La electrobomba de 5 HP que está debajo del canal de pendiente variable empezará a funcionar.
- ✓ Medir el caudal $Q(l/s)$, utilizando el piezómetro exterior.
- ✓ Medir el ancho del canal.
- ✓ Determinar la abertura a entre la compuerta y el canal.
- ✓ Regular el tirante y_1 antes de la compuerta, de manera que sea constante.
- ✓ Medir el tiempo, en segundos, de llenado del tanque recolector.
- ✓ Tomar la medida del tirante antes y después de la compuerta utilizando el limnómetro.
- ✓ En gabinete determinar el caudal de descarga de la compuerta, el coeficiente de contracción, Coeficiente de descarga, coeficiente de velocidad.
- ✓ Para el apagado del equipo en el tablero de mando eléctrico presionar la botonera roja (OFF).
- ✓ Finalmente cerrar la válvula de entrada del agua desde la electrobomba.

**LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA****PROTOCOLO**

| | | |
|-----------------|---|---|
| ENSAYO | DESCARGA A TRAVÉS DE COMPUERTA DE FONDO | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: DTCF-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

DESCARGA A TRAVÉS DE COMPUERTA DE FONDO**TOMA DE DATOS**

| Ensayo N° | Y_1 (m) | Y_2 (m) | b(m) | A(m) | L(m) | Tiempo (s) | Volumen (l) | Caudal Q(l/s) |
|-----------|-----------|-----------|------|------|------|------------|-------------|---------------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | $Q_{práctico}$ (l/s) | $Q_{teórico}$ (l/s) | C_d | C_v | C_c |
|-----------|----------------------|---------------------|-------|-------|-------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|---|---|
| ENSAYO | DESCARGA A TRAVÉS DE COMPUERTA DE FONDO | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: DTCF-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

FORMULAS A UTILIZAR

$$Q = C_d b a \sqrt{2gY_1}$$

$$C_c = \frac{a}{L}$$

$$C_c = \frac{1}{2} \frac{a}{Y_1} \left(\frac{C_d}{C_v} \right)^2 + \sqrt{\left[\frac{1}{2} \frac{a}{Y_1} \left(\frac{C_d}{C_v} \right)^2 \right]^2 + \left(\frac{C_d}{C_v} \right)^2}$$

$$C_v = 0.960 + 0.0979 \frac{a}{y_1}$$

$$C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{y_2}{y_1}}}$$

Donde:

Y_1 : Tirante aguas arriba de la compuerta.

Y_2 : Tirante de la vena contraída aguas adebajo de la compuerta. ($C_c * a$)

a = Abertura de la compuerta

b = Ancho de la compuerta

C_c = Coeficiente de contraccion.

C_d = Coeficiente de descaraga.

C_v = Coeficiente de Velocidad.

$L = \frac{a}{C_c}$ longitud desde la compuerta hasta Y_2 (Sección contraída)

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 05 – FLUJO GRADUALMENTE VARIADO.

FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

RESUMEN

Se considera flujo gradualmente variado, al flujo permanente cuya profundidad varía suavemente en todo un tramo dentro de la longitud de un canal, es decir, que en el tramo se cumplen dos cosas:

- Que las condiciones hidráulicas del flujo permanecen constantes en el intervalo de tiempo de interés y.
- Las líneas de corriente son prácticamente paralelas.

Equipo

- ✓ Canal de pendiente variable.
- ✓ Limnómetro.
- ✓ Wincha

Procedimiento

- ✓ Poner en funcionamiento el sistema y esperar unos minutos para que alcance un equilibrio.
- ✓ Tomar las medidas del canal como longitud y ancho.
- ✓ Desarrollar en el canal del laboratorio un flujo subcrítico
- ✓ Hallar la pendiente del canal.
- ✓ Medir el caudal del flujo.
- ✓ Una vez establecido el perfil del flujo en todo el canal, con el limnómetro medir las profundidades antes y después de la compuerta. Los valores X_i será indicado por el docente.
- ✓ Tomar la medida de los tirantes en diferentes tramos.



| | | |
|-----------------|----------------------------|--|
| ENSAYO | FLUJO GRADUALMENTE VARIADO | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: FGV-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

TOMA DE DATOS

| | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|
| Sección | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Y(cm) | | | | | | |

RESULTADOS

| | | | | | | |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Sección | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Y(cm) | | | | | | |
| $\frac{\partial y}{\partial x}$ | | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = S_o \frac{\left[1 - \left(\frac{Y_N}{Y} \right)^{10/3} \right]}{\left[1 - \left(\frac{Y_C}{Y} \right)^3 \right]}$$

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g b}}$$

$Y_c =$ Tirante crítico

$b =$ Ancho del canal(cm)

$Y =$ Tirante medido desde cada X_i

$Q =$ Caudal $\left(\frac{l^3}{s} \right)$.

$S_o = \sin \theta = - \frac{\partial Z}{\partial X}$, es la pendiente del fondo del canal.

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 06 – DESCARGA A TRAVÉS DE VERTEDEROS.

DESCARGA A TRAVÉS DE VERTEDEROS

RESUMEN

Un vertedero de medición de caudales es una barra que se coloca en una canalización sobre la que escurre un flujo suscritico.

De acuerdo a sus características los vertederos utilizados como herramientas de aforo ofrecen una determinada relación emperica que faculta el estimado del caudal que vierte sobre la barrera.

Equipo

- ✓ Canal de pendiente variable.
- ✓ Limnímetro.
- ✓ Wincha
- ✓ Vertedero.

Procedimiento

- ✓ Poner en funcionamiento el sistema y esperar unos minutos para que alcance un equilibrio.
- ✓ Tomar medidas del vertedero ("L" ancho de la cresta, "p" altura del piso a la cresta, "B" ancho del canal y "L_e" longitud efectiva.
- ✓ Desarrollar en el canal del laboratorio un flujo subcrítico
- ✓ Medir el caudal del flujo.
- ✓ Con el limnimetro tomar el nivel de aguas arriba del vertedero en cm.
- ✓ Repetir el procedimiento para diferentes caudales.
- ✓ Con los datos obtenidos, proceder a calcular el coeficiente de descarga, el caudal teórico, adecuándolos a las ecuaciones correspondientes, según la característica del vertedero.
- ✓ Con los datos obtenidos anteriormente, preparar el grafico C vs H/p
- ✓ En base a los a datos, cálculos y grafico comprobar el principio teórico.



ENSAYO

DESCARGA A TRAVÉS DE VERTEDEROS

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

DTV-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

DESCARGA A TRAVÉS DE VERTEDEROS

TOMA DE DATOS

| Ensayo N° | Q(m³/m) | Ht(cm) | P(cm) |
|-----------|---------|--------|-------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | Qr(m³/m) | H(m) | Qt(m³/m) | C | H(cm) | H/P | C _{GIT} |
|-----------|----------|------|----------|---|-------|-----|------------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$C_{GIT} = \frac{Q_{real}}{Q_{teórico}}; Q_{teórico} = \frac{2}{3}L\sqrt{2gH^3}; \text{donde } Q_{real} \text{ es obtenido en laboratorio.}$$

$$Q_r = CLH^n \text{ (Despejamos C)}$$

Donde:

Q: Caudal que pasa por el vertedero.

C: Coeficiente de descarga.

L_ Longitud efectiva de la cresta del vertedero.

H: es la altura medida con referencia al nivel dela cresta.

n: Exponente que depende de las características del vertedero=3/2.

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 07 – ENERGÍA ESPECÍFICA.

ENSAYO:

ENERGÍA ESPECÍFICA

ENERGÍA ESPECÍFICA

RESUMEN

La energía específica en la sección de un canal se define como la energía por kilogramo de agua que fluye a través de la sección, medida con respecto al fondo del canal.

El concepto de energía específica a condiciones de flujo uniforme y permanente y, para canales con inclinaciones menores a 5° .

Equipo

- ✓ Canal de pendiente variable.
- ✓ Limnómetro.
- ✓ Wincha

Procedimiento

- ✓ Poner el sistema en funcionamiento y esperar unos minutos para alcanzar un equilibrio.
- ✓ Establecer un flujo a través del canal y registrar el valor del caudal que pasa. Este caudal se mantendrá constante durante toda la práctica.
- ✓ Registrar el valor del ángulo " θ " que forma el fondo del canal con la horizontal.
- ✓ Seleccionar una sección de ensayo y medir el tirante " Y ".
- ✓ Repetir este procedimiento variando la pendiente del canal y manteniendo el caudal constante.
- ✓ En gabinete determinar la velocidad en cada caso y obtener la energía específica.
- ✓ Preparar un gráfico con " y " vs " E "; Q constante



ENSAYO

ENERGÍA ESPECÍFICA

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

EE-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

ENERGÍA ESPECÍFICA

TOMA DE DATOS

| Ensayo N° | θ | Y (cm) |
|-----------|----------|--------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | Y (cm) | V(m/s) | E(m) | F | Tipo de flujo. |
|-----------|--------|--------|------|---|----------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$E = Y + \alpha \frac{V^2}{2g}, Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}}, V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

Q: Caudal que pasa por el vertedero.

A: Área

V: Velocidad.

Y: Tirante en diferentes puntos.

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 08 – COEFICIENTE DE RESISTENCIA EN CONDUCTOS ABIERTOS.

COEFICIENTE DE RESISTENCIA EN CONDUCTOS ABIERTOS

RESUMEN

Un canal es un dispositivo para transportar líquidos. El movimiento del líquido se realiza por acción de la gravedad, gracias al desnivel de fondo del canal. La presión en la superficie libre del líquido es cero.

Las secciones de los canales pueden ser rectangulares, trapeciales, triangulares, parabólicas, circulares, y en general de cualquier forma geométrica.

En tuberías el parámetro geométrico básico es el diámetro, mientras que en canales el parámetro geométrico básico es el radio hidráulico "Rh".

Los canales, por lo general se diseñan para flujo permanente y uniforme, esto es que las características del flujo es un punto no varían con el tiempo, además la profundidad, pendiente, velocidad y sección recta permanecen constantes.

Cada contorno tiene su aspereza y rugosidad "k" y depende del material del que está hecho y de su estado de conservación

Equipo

- ✓ Canal de pendiente variable.
- ✓ Limnómetro.
- ✓ Regla
- ✓ Wincha.

Procedimiento

- ✓ Poner en funcionamiento el sistema y esperar unos minutos para que alcance un equilibrio.
- ✓ Disponga el canal con una pendiente S y determínela.
- ✓ Alimente el canal con un caudal Q, mediante el sistema de suministro.
- ✓ Determinar el caudal que circula por el canal durante el ensayo, Q(l/s).
- ✓ Mida el ancho "b" de la sección del canal y la profundidad del agua (tirante h=y)
- ✓ Mantenido la misma pendiente, repetir el proceso para diferentes caudales, según indique el docente.
- ✓ Usando las ecuaciones correspondientes determinar el tipo de conducto y los coeficientes de Manning y Chezy.

**LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA****PROTOCOLO****ENSAYO**COEFICIENTE DE RESISTENCIA EN
CONDUCTOS ABIERTOS**CÓDIGO DEL DOCUMENTO:**

CRCA-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

COEFICIENTE DE RESISTENCIA EN CONDUCTOS ABIERTOS**TOMA DE DATOS**

| Ensayo N° | Q(m ³ /h) | Tirante "Y"(cm) | b | θ |
|-----------|----------------------|--------------------|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | Q(m ³ /h) | "Y"(cm) | A(m ²) | P(m) | R _H (m) | U(m/s) | $\frac{Uk}{\nu}$ | C | n |
|-----------|----------------------|---------|--------------------|------|--------------------|--------|------------------|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$A = b * y$$

$$P = b + 2y$$

$$R_H = A/P$$

$$V = Q/A$$

$$S = \tan \theta$$

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO

COEFICIENTE DE RESISTENCIA EN CONDUCTOS ABIERTOS

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
CRCA-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

Ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuación de Chezy:

$$V = C \sqrt{R_H S}$$

$$U = \sqrt{g R_H S}$$

Donde:

V: Velocidad (m/s).

Q: Caudal

A: Área

N: Coeficiente de rugosidad de Manning.

R_H: Radio hidráulico.

S: Pendiente hidráulica

C: Coeficiente de rugosidad de Chezy.

K: 1.5X10⁻⁶

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 09 – CENTRO DE PRESIONES.

CENTRO DE PRESIONES

RESUMEN

La fuerza resultante que actúa sobre una superficie plana sumergida en un líquido puede calcularse como si la presión que actúa sobre su centroide es la que actuase uniformemente sobre toda la superficie.

La presión crece linealmente con la profundidad, por lo que el punto de aplicación de la fuerza resultante estará situado a mayor profundidad que el centroide de la superficie plana considerada.

Equipo

- ✓ Fluido.
- ✓ Modelo de centro de presiones.

Procedimiento

- ✓ Colocar el tanque sobre una base horizontal, nivelar con la ayuda de los tornillos nivelantes. Éstos deben levantarse o bajarse a como sea requerido hasta que la burbuja este al centro del nivel.
- ✓ Ubicar W_1 (peso) en la posición cero (0) de la regla de mediciones horizontales.
- ✓ Nivelar el sistema moviendo W (derecha o izquierda) sobre su eje roscado. Luego anotar la altura H .
- ✓ Llenar de agua parcialmente hasta el cero de la regla de mediciones de altura, que debe de coincidir con el vértice del cuadrante inferior del equipo.
- ✓ Aumentamos la carga añadiendo agua hasta tener una altura de agua sobre la sección vertical del cuadrante (d), movemos W_1 (peso) hasta nivelarlo esto nos da una lectura de la distancia (L).
- ✓ Así sucesivamente iremos incrementando más agua para tener diferentes (L) los que se va tomando como datos para el cálculo posterior del informe.
- ✓ Finalizada la prueba, la persona encargada del laboratorio abre la válvula de salida para el desagüe total. Proceder al secado y limpieza del equipo.



PROTOCOLO

ENSAYO

CENTRO DE PRESIÓN EN SUPERFICIE PLANA

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
CPSP-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

CENTRO DE PRESIÓN EN SUPERFICIE PLANA

TOMA DE DATOS

| Ensayo N° | $\gamma(N/m^3)$ | a (cm) | b (cm) | d (cm) | h (cm) | L (cm) |
|-----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | F | Y_{cp} |
|-----------|---|----------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$F = \gamma \cdot h_G \cdot A$$

Donde:

F: Fuerza ejercida por el líquido, N, Kg-f, ton.

γ : Peso específico del líquido; si es agua entonces= 1000Kg-f/m³

A: Área mojada.

$$y_{cp} = h/3$$

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|---------------------------------------|---|
| ENSAYO | CENTRO DE PRESIÓN EN SUPERFICIE PLANA | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CPSP-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

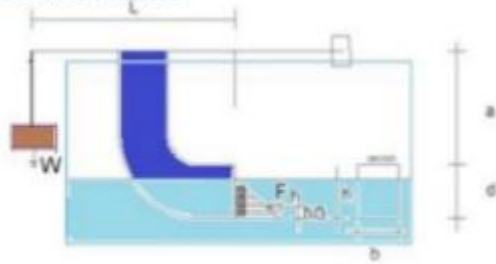
EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

TABLAS CON DATOS DE LABORATORIO

Dimensiones de equipo de laboratorio

| | |
|--------------------------|-------|
| a= | 0.085 |
| b= | 0.072 |
| d= | 0.103 |
| L= | 0.285 |
| peso específico del agua | 1000 |



OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 10 – CAPLÉ.

ENSAYO:

CAPLÉ

CAPLÉ

RESUMEN

Es un equipo concebido para atrapar sedimentos de suspensión, en ríos, reservorios, desarenadores, a tirantes preestablecidos.

Su volumen de retención de diseño es de un litro, este equipo es imprescindible para poder cuantificar el caudal sólido versus el caudal líquido y su posterior análisis de sólido: granulométrico, morfológico y composición.

Su forma es trapezoidal circular, con dos compuertas de cierre herméticas a 45°. Es sumergido automáticamente en dirección del flujo. Accionada el dispositivo de cierre, la muestra queda encapsulada. Se levanta y traslapa a los frascos etiquetados para su posterior análisis en laboratorio.

Equipo

- ✓ Caplé.

Procedimiento

- ✓ Posicionarse adecuadamente para realizar la inmersión del equipo en el lecho del río o quebrada a estudiar (sugerencias: usar puentes o formaciones naturales que permitan un acceso seguro al centro del río o quebrada).
- ✓ Su forma tubular trapezoidal, en ambos extremos tiene compuertas que al cerrarse encapsulan la muestra herméticamente. Tiene dos cables uno acerado que es para sostener el equipo (bajar y subir) desde un puente, un huaro o una oroya y otra para cerrar el sistema. Se toma muestras a diferentes tirantes.
- ✓ Esta muestra se traslada a pomos codificados, numerados, fechados, sección, tirante y hora.
- ✓ Esta muestra se analiza en laboratorio, su volumen luego se recogen las muestras en hojas especiales, numeradas y graduadas, estas hojas se llevan al horno a baja temperatura (25° Celsius) para el secado, luego éstas se recogen para el posterior análisis, de peso, por diferencia (papel seco versus papel con muestra) con el volumen obtenido se tiene la concentración de gr/litro; dependiendo del estudio se efectúan estudios de granulometría, morfológica, densidad y otros.

ANEXO 11 – DEMOSTRACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI.

DEMOSTRACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI

RESUMEN

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli o trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

1. Cinético: Es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
2. Potencial gravitacional: Es la energía debido a la altitud que un fluido posea.
3. Energía de flujo: Es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

Equipo

- ✓ Equipo para demostrar el teorema de Bernoulli.
- ✓ Piezómetro.
- ✓ Bomba hidráulica.
- ✓ Tubo de Venturi.

Procedimiento

- ✓ Encender el banco hidráulico y regular el caudal.
- ✓ Abrir completamente la llave de salida.
- ✓ Deshacerse de las burbujas de aire en los tubos piezométricos.
- ✓ Regular el caudal de manera que se mantenga un nivel constante en el tanque de alimentación.
- ✓ Esperar que los niveles en los piezómetros se estabilicen y tomar lectura de estos niveles.
- ✓ Utilizando un tanque volumétrico y cronómetro, determinar el valor del caudal realizado, al menos, tres mediciones.
- ✓ Desplazar la sonda en operaciones sucesivas, a cada una de las secciones que han de estudiarse y anotar las lecturas de escala correspondiente, que indican la altura de la carga total en las mismas.
- ✓ Repetir todo el procedimiento variando el grado de apertura de las válvulas para obtener otros valores de caudal y de presión.



PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|---------------------------------------|--|
| ENSAYO | DEMOSTRACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: DTB-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

DEMOSTRACIÓN DEL TEOREMA DE BERNOULLI

TOMA DE DATOS

Para un caudal: Q₁

| Ensayo N° | Tubo 1 | Tubo 2 | Tubo 3 | Tubo 4 | Tubo 5 | Tubo 6 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| H ₁ | | | | | | |
| Volumen | | | | | | |
| tiempo | | | | | | |
| Caudal | | | | | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | Caudal Q(m ³ /s) | Área de la sección (m ²) | Velocidad media (m/s) | Altura cinética (mca) | Altura piezométrica (mca) | Altura cinética y piezométrica (mca) |
|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| S ₀ | | | | | | |
| S ₁ | | | | | | |
| S ₂ | | | | | | |
| S ₃ | | | | | | |
| S ₅ | | | | | | |
| S ₆ | | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} + z = constante$$

Donde:

V =velocidad del fluido en la sección considerada; g =aceleración gravitatoria;

z =geométrica en la dirección de la gravedad; P =presión a lo largo de la línea de corriente; ρ=densidad del fluido

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 12 – DESCARGA POR ORIFICIO Y TRAYECTORIA DE CHORRO LIBRE.

ENSAYO:

DESCARGA POR ORIFICIO Y TRAYECTORIA DE CHORRO LIBRE

DESCARGA POR ORIFICIO Y TRAYECTORIA DE CHORRO LIBRE

RESUMEN

Este equipo nos permite visualizar y cuantificar el comportamiento del chorro a través de orificios, con cargas de agua variables a voluntad.

Equipo

- ✓ Equipo de descarga por orificio y trayectoria de chorro libre.
- ✓ Termómetro.

Procedimiento

- ✓ Llenar con agua la cisterna del equipo.
- ✓ Medir el diámetro o área del orificio.
- ✓ Medir la temperatura del agua.
- ✓ Abrir la válvula que se encuentra sobre la electrobomba.
- ✓ Encender el interruptor, para que la electrobomba empiece a funcionar, la que succiona y expulsa el agua hacia un dissipador de energía tubular.
- ✓ Disminuir o aumentar la carga con la compuerta tipo ataguía, la que cumple función de vertedero de demasía.
- ✓ Medir la altura H del agua.
- ✓ Hacer las mediciones horizontales y verticales del chorro de agua, con el carro móvil.
- ✓ Tomar la medida de la altura " h ", en la poza, para obtener el caudal.
- ✓ Se hace el procedimiento anterior para cada altura " H " que se desee ensayar y para cada plancha con orificio diferente.
- ✓ Apagar el interruptor y cerrar la válvula que se encuentra sobre la electrobomba.



PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|---|--|
| ENSAYO | DESCARGA POR ORIFICIO Y TRAYECTORIA DE CHORRO LIBRE | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: DOTCL-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

DESCARGA POR ORIFICIO Y TRAYECTORIA DE CHORRO LIBRE

TOMA DE DATOS

| Ensayo N° | Carga de agua H (cm) | Altura de agua en vertedero h(cm) | Temperatura T (°C) | Área (cm ²) o diámetro de orificio (cm) |
|-----------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| Ensayo N° | Medida 1 | | Medida 2 | | Medida 3 | | Medida 4 | | Medida 5 | |
|-----------|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|----------|---|
| | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | Q _r (cm ³ /s) | H (cm) | C _d | C _v | C _c | Re | Promedio | | |
|-----------|-------------------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|----------------|
| | | | | | | | C _d | C _v | C _c |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$Q_r = \frac{8}{15} C_{d2} \sqrt{2g} \left(\tan \frac{\beta}{2} \right) h^{5/2}$$

$$V_r = \sqrt{\frac{X^2 g}{2|Y|}}$$

$$V_2 = V_t = \sqrt{2gH}$$

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|---|--|
| ENSAYO | DESCARGA POR ORIFICIO Y TRAYECTORIA DE CHORRO LIBRE | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: DOTCL-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

$$C_v = \frac{V_{real}}{V_{teórico}} = \frac{V_r}{V_t} \rightarrow V_{real} = C_v V_t \rightarrow V_r = C_v \sqrt{2gH}$$

$$C_d = \frac{Q}{A_o \sqrt{2gH}}$$

$$C_d = C_v C_c$$

$$C_c = \frac{\text{Área contraída}}{\text{Área del orificio}}$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{\sqrt{2gHD}}{\nu}$$

Donde:

Q_r: Caudal real.

ν: Viscosidad cinemática del fluido.

C_d: Coeficiente de descarga del orificio.

V: Velocidad.

C_{d2}: Coeficiente de descarga del vertedero.

D: Diámetro.

g: Gravedad.

β: Ángulo del vertedero.

h: Altura de agua en vertedero.

H: Carga de agua.

X: Distancia en el eje X.

Y: Distancia en el eje Y.

V_t: Velocidad teórica.

C_v: Coeficiente de velocidad.

V_r: Velocidad real.

A_o: Área del orificio.

C_c: Coeficiente de contracción.

Re: Número de Reynolds.

| Coeficiente de descarga | |
|-------------------------|-----------------|
| ÁNGULO β | C _{d2} |
| 15° | 0.52-0.75 |
| 30° | 0.59-0.72 |
| 45° | 0.59-0.69 |
| 60° | 0.50-0.54 |
| 90° | 0.50-0.60 |

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 13 – ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES.

ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES

RESUMEN

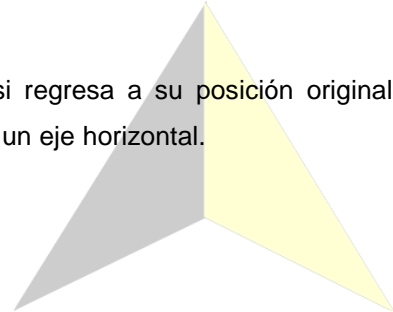
Un cuerpo en un fluido es considerado estable si regresa a su posición original después de habersele girado un poco alrededor de un eje horizontal.

Equipo

- ✓ Barcaza
- ✓ Péndulo
- ✓ Masas

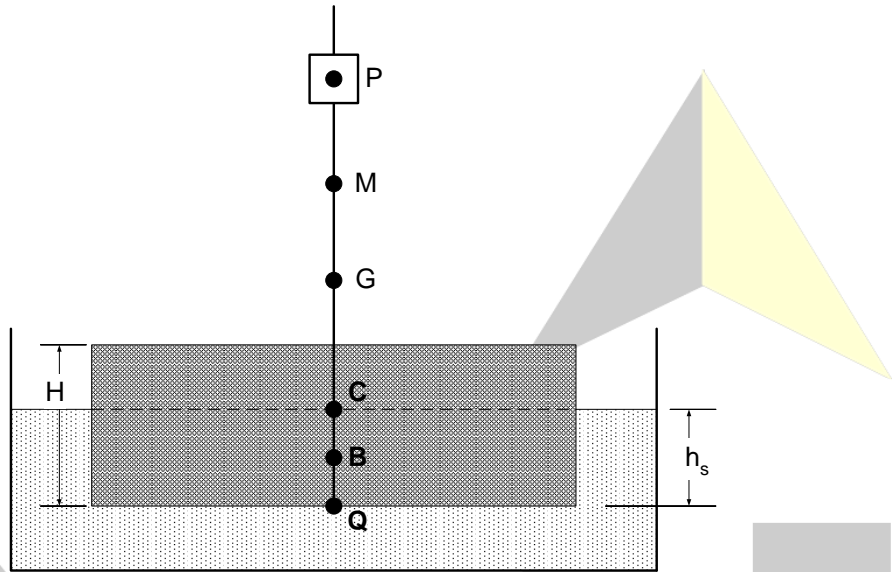
Procedimiento

- ✓ Determine las dimensiones del cuerpo flotante (ancho, largo y alto).
- ✓ Determine el peso del cuerpo flotante.
- ✓ Determine la posición de G Atando una cuerda delgada con fuerza alrededor del mástil y permitiendo cuidadosamente que todo el conjunto pueda ser suspendido de la misma, ajustando la posición del punto de suspensión hasta que la dirección del mástil este horizontal.
- ✓ Introduzca el cuerpo (con todos sus componentes) en el fluido y mida la profundidad de inmersión.
- ✓ Si es necesario, ajustar la inclinación del mástil (aflojando los tornillos de fijación que pasan a través de los orificios ranurados) para garantizar que se alinea con la línea de plomada. Apriete los tornillos.
- ✓ Recorra el peso inclinando a la derecha en incrementos de 15 mm hasta el final de la escala y tome en cuenta los desplazamientos angulares (θ) de la línea de plomada para cada posición del peso. Repita este procedimiento atravesando el peso inclinando a la izquierda del centro. Los ángulos deben ser designados como + a un lado y – al otro para evitar la confusión en el análisis de las lecturas.
- ✓ Cambie la posición del centro de gravedad del pontón moviendo el peso deslizante hacia arriba del mástil. Posiciones sugeridas son a la altura máxima y a una ubicación a la mitad entre la altura máxima y la posición usada en la primera prueba. Una posición más baja con el peso en el fondo del mástil (G dentro del pontón) también puede ser evaluada.
- ✓ Para cada nueva posición de G, repita la prueba anterior y determine la altura metacéntrica, GM. Localice la posición del metacentro ($M= GM+QG$) del cuerpo.



ENSAYO:

ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES





| | | |
|-----------------|----------------------------------|--|
| ENSAYO | ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: ECF-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES

TOMA DE DATOS

| Cuerpo flotante | D (mm) | L (mm) | H (mm) | h _s (mm) | V _s (m ³) | W (kgf) | I (m ⁴) |
|-----------------|--------|--------|--------|---------------------|----------------------------------|---------|---------------------|
| | | | | | | | |

RESULTADOS

| PQ (mm) | QG (mm) | -75 | -60 | -45 | -30 | -15 | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 |
|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

| PQ (mm) | QG (mm) | dx/dθ (mm/°) | GM (mm) | QM _E (mm) |
|----------|---------|--------------|---------|----------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Promedio | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$W = \gamma \cdot V_s$
∴
]

W : peso del cuerpo flotante

γ : peso específico del fluido (γ_{agua} = 1000kg_f/m³)

V_s : volumen sumergido del cuerpo flotante

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|----------------------------------|--|
| ENSAYO | ESTABILIDAD DE CUERPOS FLOTANTES | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: ECF-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

$$V_s = D \cdot L \cdot h_s \quad \therefore \left[\begin{array}{l} D : \text{ancho del cuerpo flotante (lado más angosto)} \\ L : \text{largo del cuerpo flotante} \\ h_s : \text{altura sumergida del cuerpo flotante} \end{array} \right]$$

$$QM_T = BM + QB \quad \therefore \left[QM_{\text{Teórico}} ; QB = \frac{h_s}{2} \right]$$

$$BM = \frac{I}{V_s} \quad \therefore \left[I : \text{segundo momento de área} \quad I = \frac{L \cdot D^3}{12} \right]$$

$$QM_E = GM + QG \quad \therefore [QM_{\text{Experimental}}]$$

$$GM = \frac{w}{W} \cdot \left(\frac{dx}{d\theta} \right) \cdot 57,3 \quad \therefore [w : \text{peso deslizable (0,2 kg}_f \text{)}]$$

Nota: Para calcular dx/dθ se determina el promedio de las relaciones entre las variaciones de los desplazamientos (Δx) y las variaciones de los ángulos (Δθ):

Δx= 15 mm (para todos los datos)

Δθ= θ (0)- θ (-15) ; θ (-15)- θ (-30) ; θ (-30)- θ (-45) ... ; θ (15)- θ (0) ; θ (30)- θ (15) ; θ (45)- θ (30) ; ...

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 14 – MESA DE ANALOGÍA DE STOKES.

MESA DE ANALOGÍA DE STOKES

RESUMEN

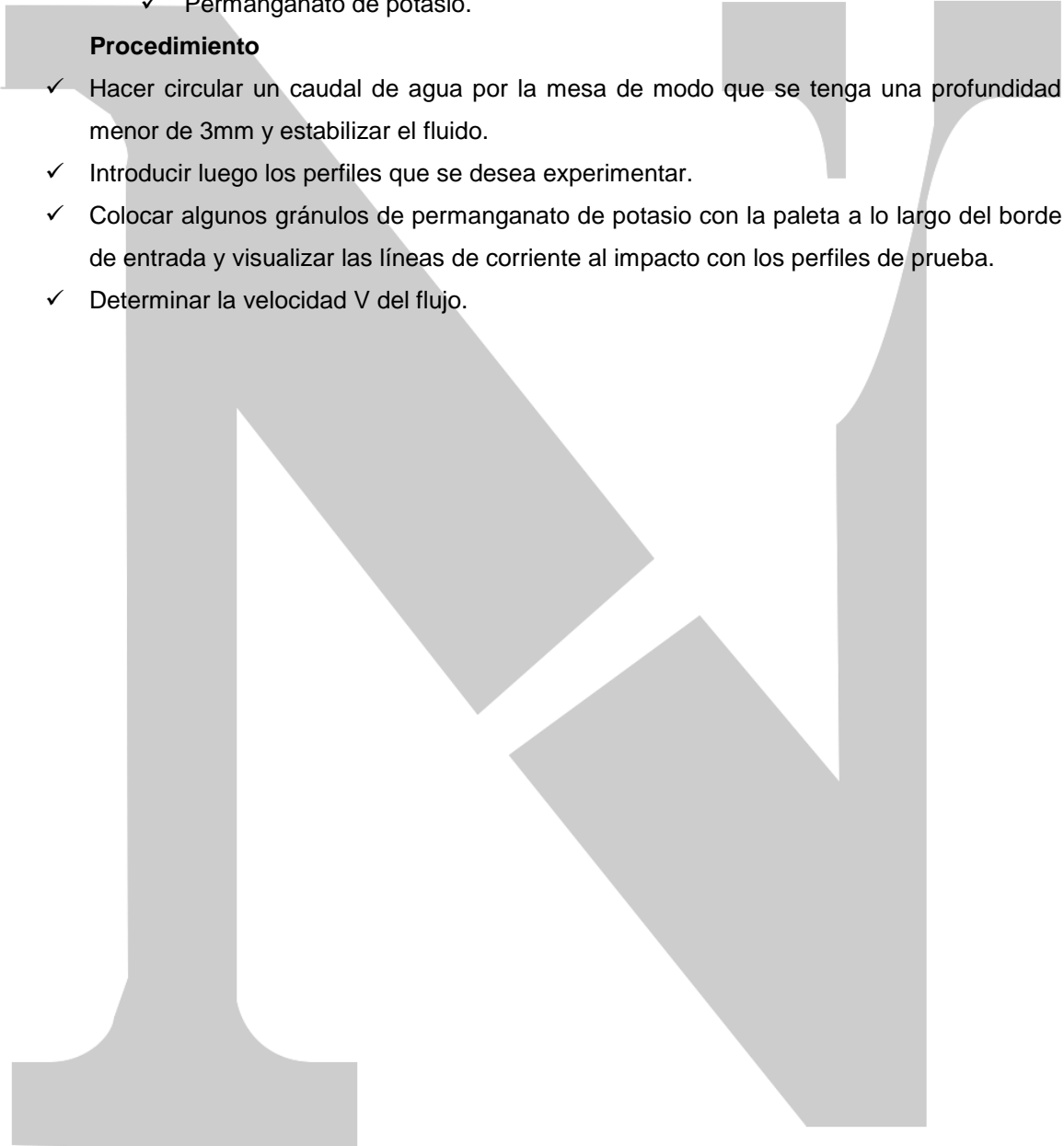
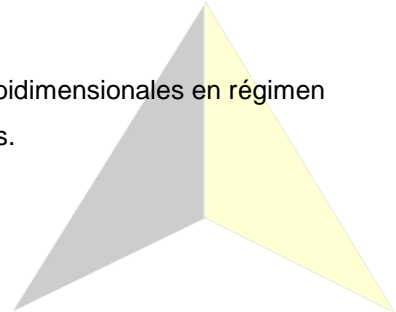
Este equipo está concebido, para generar flujos planos bidimensionales en régimen laminar. La visualización es posible mediante colorantes.

Equipo

- ✓ Mesa de analogía de Stokes.
- ✓ Cronometro.
- ✓ Wincha.
- ✓ Fluido.
- ✓ Perfiles: Circular, rectangular.
- ✓ Permanganato de potasio.

Procedimiento

- ✓ Hacer circular un caudal de agua por la mesa de modo que se tenga una profundidad menor de 3mm y estabilizar el fluido.
- ✓ Introducir luego los perfiles que se desea experimentar.
- ✓ Colocar algunos gránulos de permanganato de potasio con la paleta a lo largo del borde de entrada y visualizar las líneas de corriente al impacto con los perfiles de prueba.
- ✓ Determinar la velocidad V del flujo.





ENSAYO

MESA DE ANALOGÍA DE STOKES

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
MAS-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

MESA DE ANALOGÍA DE STOKES

TOMA DE DATOS

| | | | |
|------------------|----------|-------------|--------------|
| Perfil | Circular | Rectangular | Aerodinámica |
| Capa limite (cm) | | | |

Velocidad C_a

| | | | |
|-------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| Tramo | Tiempo de sustentación t(s) | Distancia D(cm) | Velocidad V(m/s) |
| | | | |

Velocidad C_s

| | | | |
|-------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| Tramo | Tiempo de sustentación t(s) | Distancia D(cm) | Velocidad V(m/s) |
| | | | |

RESULTADOS

| | | | | |
|--------------------------------|----------|-----------|----------------------------|--------------------------|
| Coefficiente de arrastre C_a | Densidad | Velocidad | Área proyectada del perfil | Fuerza de arrastre F_a |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|------------------------------|----------|-----------|----------------------------|------------------------------|
| Coefficiente de sustentación | Densidad | Velocidad | Área proyectada del perfil | Fuerza de sustentación F_s |
| | | | | |
| | | | | |

OBSERVACIONES:

| | | |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



ENSAYO

MESA DE ANALOGÍA DE STOKES

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
MAS-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

FORMULAS A UTILIZAR

$$F_A = C_a^{1/2} \rho V^2 A$$

$$F_S = C_s^{1/2} \rho V^2 A$$

Donde:

F_a: Fuerza de arrastre (kg)

F_s: Fuerza de arrastre (kg)

C_a: Coeficiente adimensional de arrastre.

C_s: Coeficiente adimensional de sustentación.

ρ: Densidad del fluido

V: Velocidad media del fluido.

A: área proyectada del perfil sobre un plano normal a la dirección del flujo (m²)

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 15 – TECLE.

ENSAYO:

TECLE

TECLE

RESUMEN

Este equipo está diseñado para facilitar el trabajo de campo al aforador. Va acondicionado al sistema de la oroya para poder bajar, subir, resistir pesos y tensiones altas, cuando el equipo este sumergido en rio, a velocidad de 3 o 4 m/s.

Se le acondiciona un lastre o pescado adicional para que el ángulo de muestreo este dentro de los estándares establecidos.

EQUIPO

- ✓ Tecele

PROCEDIMIENTO

Equipo complementario para el clapé, se usa para bajar y subir el tecele, desde un puente, un huario o una oroya, esto es posible a una manivela con seguro que, mediante el giro hacia derecha o izquierda, podamos subir o bajar el clapé

ANEXO 16 – VELOCIDAD TERMINAL DE UNA ESFERA DESCENDENTE.

ENSAYO:

VELOCIDAD TERMINAL DE UNA ESFERA DESCENDENTE

VELOCIDAD TERMINAL DE UNA ESFERA DESCENDENTE

RESUMEN

Una partícula sólida introducida en el seno de un fluido en reposo, por efecto de la gravedad inicia un movimiento de asentamiento o descenso, que depende de las relaciones entre las densidades de la partícula y del fluido.

Equipo

- ✓ Tubo de sedimentación.
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Billas o bolas esféricas.

Procedimiento

- ✓ Llenar el equipo con un fluido (agua o aceite).
- ✓ Registrar la temperatura del agua.
- ✓ Anotar el peso de las billas o bolas esféricas.
- ✓ Establecer el tramo “H” en el tubo, para la cuenta del tiempo de caída, que demore, en el recorrido, las billas o bolas esféricas.
- ✓ Dejar caer en el fluido, anotando los datos de inicio y fin. (Tiempo)
- ✓ Seguir el procedimiento para cada tamaño de bola esférica o billa, por lo menos tres veces.
- ✓ Cambiar la temperatura del agua y repetir el procedimiento.

**LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA****PROTOCOLO**

| | | |
|-----------------|--|---|
| ENSAYO | VELOCIDAD TERMINAL DE UNA ESFERA DESCENDENTE | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: VTED-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

VELOCIDAD TERMINAL DE UNA ESFERA DESCENDENTE**TOMA DE DATOS**

| Ensayo N° | Long. Tramo H (m) | Diámetro de billas D (m) | Peso de las billas (kg) | Tiempo (s) | | | Tiempo prom. (s) | Temp. °C |
|-----------|-------------------|--------------------------|-------------------------|------------|----|----|------------------|----------|
| | | | | T1 | T2 | T3 | | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | Diámetro de billas D (m) | Densidad de billas ρ (kg/m ³) | Densidad del fluido ρ_f (kg/m ³) | Velocidad v (m/s) | Viscosidad del fluido η (Pa.s) |
|-----------|--------------------------|--|---|-------------------|-------------------------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$\eta = \frac{2r^2 g(\rho - \rho_f)}{9v}$$

$$v = \frac{H}{t}$$

Donde:

v: Velocidad (m/s).

g: Gravedad (m/s²). ρ : Densidad de billas o bolas (kg/m³). ρ_f : Densidad del fluido (kg/m³).

r: Radio (m)

H: Longitud del tramo (m).

t: Tiempo (s).

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 17 – VELOCIDAD TERMINAL DE PARTÍCULAS.

ENSAYO:

VELOCIDAD TERMINAL DE PARTÍCULAS

VELOCIDAD TERMINAL DE PARTÍCULAS

RESUMEN

Una partícula sólida introducida en el seno de un fluido en reposo, por efecto de la gravedad inicia un movimiento de asentamiento o descenso, que depende de las relaciones entre las densidades de la partícula y del fluido.

Equipo

- ✓ Tubo de sedimentación.
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Muestras de partículas de granulometría seleccionada.

Procedimiento

- ✓ Llenar el equipo con un fluido (agua o aceite).
- ✓ Registrar la temperatura del fluido.
- ✓ Establecer el tramo "H" en el tubo, para la cuenta del tiempo de caída, que demore, en el recorrido, las partículas de cada muestra.
- ✓ Tomar de las muestras de los sólidos algunas partículas y colocarlas sobre la superficie líquida con mucho cuidado para no influir en el descenso de las partículas. Anotar el tamaño "D" de las partículas y el tiempo de caída.
- ✓ Seguir el procedimiento para cada tamaño de partícula por lo menos tres veces. Luego cambie el tamaño de las partículas.
- ✓ Cambiar la temperatura del agua y repetir el procedimiento.



| | | |
|-----------------|----------------------------------|--|
| ENSAYO | VELOCIDAD TERMINAL DE PARTÍCULAS | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: VTP-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

VELOCIDAD TERMINAL DE PARTÍCULAS

TOMA DE DATOS

| Ensayo N° | Long. Tramo H (m) | Tamiz N° | Tamaño de partículas D (m) | γ (kg/m ³) | Tiempo (s) | | | Tiempo prom. (s) | Temp. °C |
|-----------|-------------------|----------|----------------------------|-------------------------------|------------|----|----|------------------|----------|
| | | | | | T1 | T2 | T3 | | |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |

γ : Peso específico de partículas.

* Se puede usar material de granulometría menor al tamiz N° 4.

RESULTADOS

| Ensayo N° | Tamaño de partículas D (m) | Ve (m/s) | Vt (m/s) | Re | Tipo de flujo |
|-----------|----------------------------|----------|----------|----|---------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

$$W = V_t = \left[(\rho_s - \rho_a) * g * \frac{D^2}{18\mu} \right]$$

$$V_e = \frac{H}{t}$$

$$Re = \frac{V_e D}{\nu}$$

$$\rho_a = \frac{\gamma_a}{g}$$

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

| | | |
|-----------------|----------------------------------|--|
| ENSAYO | VELOCIDAD TERMINAL DE PARTÍCULAS | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: VTP-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

Donde:

$W=V_t$: Velocidad terminal o caída de las partículas.

ρ_s, ρ_a : Densidad de las partículas sólidas y densidad del fluido.

g : Gravedad.

D : Diámetro de las partículas.

μ : Viscosidad dinámica del fluido.

V_e : Velocidad experimental.

H : Longitud del tramo.

t : Tiempo.

Re : Número de Reynolds.

ν : Viscosidad cinemática del fluido (m^2/s).

γ_a : Peso específico del fluido.

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 18 – TURBINA PELTON.

ENSAYO:

TURBINA PELTON

TURBINA PELTON

RESUMEN

Es una turbomáquina motora, de flujo transversal, admisión parcial y de acción que consiste en una rueda (rodete o rotor) dotada de cucharas en su periferia, las cuales están especialmente realizadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las cucharas.

Se verifica la transformación y cantidad de energía mecánica, eléctrica y luminosa generados por la turbina.

En este equipo podemos cuantificar la presión del chorro, el número de revoluciones por unidad de tiempo, generación de corriente eléctrica, cuantificación del voltaje, amperaje y visualización de encendido de luminarias en el tablero.

Equipo

- ✓ Bomba Hidrostral 40-200
- ✓ Turbina Pelton
- ✓ Manómetro
- ✓ Tacómetro
- ✓ Dinamómetro
- ✓ Pesas de diversas masas
- ✓ Vertedero triangular
- ✓ Flexómetro
- ✓ Vernier

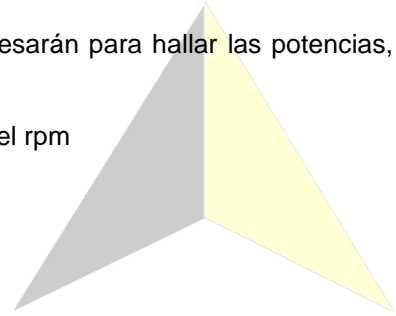
Procedimiento

- ✓ Colocar la Turbina en la posición correcta para un aprovechamiento máximo del chorro de agua.
- ✓ Poner en condiciones de encendido a la bomba (cebado).
- ✓ Encender el motor.
- ✓ Tomar la presión a la salida del chorro.
- ✓ Colocar una pesa en la cuerda unida al dinamómetro.
- ✓ Tomar lectura del dinamómetro.
- ✓ Tomar lectura de las revoluciones que marca el tacómetro.
- ✓ Colocar otra pesa y registrar los datos anteriores
- ✓ Obtener la medida de la turbina, de la polea y del tacómetro; en especial estos dos últimos datos para hacer la transformación de las revoluciones.

ENSAYO:

TURBINA PELTON

- ✓ Medir la altura del líquido en el vertedero para poder hallar el caudal usado durante el ensayo
- ✓ Después de tomar la totalidad de datos, se procesarán para hallar las potencias, eficiencias y velocidades.
- ✓ Graficar los resultados cada variable en función del rpm



**LABORATORIO DE HIDRÁULICA – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA****PROTOCOLO****ENSAYO**

TURBINA PELTON

CÓDIGO DEL DOCUMENTO:

TP-LH-UPNC:

PROYECTO

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

TURBINA PELTON**TOMA DE DATOS**

| Ensayo N° | H(cm) | Peso (gr) | T(°C) | Dinamómetro | N° RPM (tacómetro) | Presión (bar) |
|-----------|-------|-----------|-------|-------------|--------------------|---------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

RESULTADOS**Potencia de la turbina**

| Ensayo N° | Hn(m) | Q(m ³ /s) | P _{agua} (W) |
|-----------|-------|----------------------|-----------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Potencia del Rodete

| Ensayo N° | C1(m/s) | P _{rodete} (W) |
|-----------|---------|-------------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |



| | | |
|-----------------|----------------|---|
| ENSAYO | TURBINA PELTON | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: TP-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

| | |
|------------------|--|
| EQUIPO: | |
| FECHA DE ENSAYO: | |

Rendimiento Hidráulico

| Ensayo N° | Rend.Hid (%) |
|-----------|--------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

FORMULAS A UTILIZAR

Para la potencia de la turbina (P_{tur}) en Watts

$$P_{tur} = \rho \times g \times H_n \times Q$$

Donde caudal $Q(m^3/s) = Q = 1.416Xh^{5/2}$, y $H_n=P/Y$

Para la potencia del rodete (P_{rod}) en Watts

$$P_{rod} = \rho \times Q \times V \times (C_1 - V) \times (1 + 0.9 \cos \beta)$$

Donde:

C_1 (m/s) es la velocidad de la tobera; $C_1 = C_d \times (2 \times g \times H_n)^{1/2}$, C_d es el coeficiente de rendimiento de la tobera que es igual a 0.98.

V (m/s) es la velocidad del chorro; $V = \frac{\pi \times D_r \times N}{60}$ donde D_r es el diámetro del rodete.

Para el rendimiento hidráulico.

$$n_h = \frac{P_{rod}}{P_{tur}} \times 100$$

OBSERVACIONES:

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 19 – CUBA REYNOLDS.

ENSAYO:

CUBA REYNOLDS

CUBA REYNOLDS

RESUMEN

El número de Reynolds relaciona las fuerzas de inercia respecto a las fuerzas viscosas, determinado si el flujo es laminar o turbulento según su valor.

Es el único equipo que nos permite visualizar el flujo laminar, obviamente el turbulento, con la ayuda de un colorante inyectado al tubo de vidrio de visualización.

EQUIPO

- ✓ Cuba Reynolds.
- ✓ Cronometro.
- ✓ Colorante.

PROCEDIMIENTO

- ✓ Abrir válvula de entrada de agua.
- ✓ Establecer un caudal en el tubo transparente.
- ✓ Abrir válvula de entrada de tinte.
- ✓ Regulamos la válvula de entrada de agua para generar un flujo laminar o turbulento, según el caso.
- ✓ Visualizar el comportamiento del flujo mediante el colorante.
- ✓ Medir el caudal, registrando tiempos y volúmenes.



| | | |
|-----------------|---------------|---|
| ENSAYO | CUBA REYNOLDS | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: CR-LH-UPNC: |
| PROYECTO | | |

EQUIPO:

FECHA DE ENSAYO:

CUBA REYNOLDS

TOMA DE DATOS

| Ensayo N° | T(s) | Vol(l) | D (cm) | T° C° |
|-----------|------|--------|--------|-------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

RESULTADOS

| Ensayo N° | T (s) | V(m/s) | Re | Tipo de Flujo |
|-----------|-------|---------|----|---------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

FORMULAS A UTILIZAR

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

Donde:

R: Parámetro adimensional, hoy conocido como numero de Reynolds.

V: Velocidad media del flujo.

L: D es el diámetro de la tubería.

μ : Viscosidad cinemática del fluido.

OBSERVACIONES:

| RESPONSABLE DEL ENSAYO | COORDINADOR DE LABORATORIO | DOCENTE |
|------------------------|----------------------------|----------------|
| | | |
| NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA | NOMBRE Y FIRMA |
| | | |
| FECHA | FECHA: | FECHA: |

ANEXO 20 – CORRENTÓMETRO Y CONTADOR DIGITAL.

ENSAYO:

CORRENTÓMETRO Y CONTADOR DIGITAL

CORRENTÓMETRO Y CONTADOR DIGITAL

RESUMEN

El diseño del correntómetro está concebido para poder recabar datos con tirantes pequeños debido a pequeño diámetro de sus copas y su posición horizontal respecto a su eje.

El contador digital es un equipo diseñado electrónicamente con lectura en pantalla LCD, nos proporciona el número de revoluciones y el tiempo recorrido.

EQUIPO

- ✓ Correntómetro.
- ✓ Contador digital.

Procedimiento

- ✓ Armar el equipo.
- ✓ Se vierte la estructura en el flujo en evaluación de manera lenta a fin de evitar generar mayor turbulencia
- ✓ Se realiza la lectura en función a la profundidad pertinente por parte del ensayista tomando así la lectura de la velocidad del flujo .



VALIDACIÓN DE PROTOCOLOS Y GUÍAS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

“PROPUESTA DE PROTOCOLOS Y GUIAS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos del Experto:
- 1.2. Especialidad:
- 1.3. Cargo actual:
- 1.4. Grado académico:
- 1.5. Institución:
- 1.6. Tipo de instrumento: **Protocolos y Guías**
- 1.7. Lugar y fecha:

II. INDICACIONES:

2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.

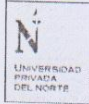
2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

1: Excelente. **2:** Muy bien. **3:** Bien. **4:** Regular. **5:** Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | | |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | | |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | | |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | | |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | | |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | | |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | | |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | | |
| 9 | Tiene secuencia lógica | | |
| | Total | | |

.....
Firma



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *Eilyn Seliger Huamán*
- 1.2. Especialidad: *Ingeniería Civil*
- 1.3. Cargo actual: *Docente Tiempo Completo*
- 1.4. Grado académico: *Ingeniería Civil*
- 1.5. Institución: *UPNC*
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha:

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 1 | 1 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 1 | 1 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 2 | 1 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 1 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 1 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 1 | 1 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 1 | 1 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 1 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 1 | 1 |
| | Total | 11 | 11 |

Eilyn Seliger Huamán
.....
Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):


- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *Elmer Chávez Vasquez*
- 1.2. Especialidad: *Ingeniería y Gerencia de la Construcción*
- 1.3. Cargo actual: *Docente*
- 1.4. Grado académico: *Maestro en Ciencias*
- 1.5. Institución: *Universidad Nacional de Cajamarca*
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha: *28/11/2016*

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert).
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 2 | 2 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 2 | 2 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 2 | 2 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 2 | 2 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 2 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 2 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 2 | 2 |
| | Total | | |



 Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *Manuel Vateaga Toro*
- 1.2. Especialidad:
- 1.3. Cargo actual:
- 1.4. Grado académico:
- 1.5. Institución:
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha:

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 2 | 2 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 2 | 2 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 2 | 2 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 2 | 2 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 2 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 2 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 2 | 2 |
| | Total | 18 | 18 |

[Firma manuscrita]

 Firma

Obs: Revisar y completar los componentes de las ecuaciones de los protocolos.

Dávila Abanto Evert Felipe
 Infante Atalaya Gloria Esther.

Obs: Inventar el orden en este formato para la calificación de instrumentos

Ver Correo Protocolos (1 semana):



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *Christian Francisco Arana Dávila.*
- 1.2. Especialidad: *Control Económico Financiero de Obras Civiles.*
- 1.3. Cargo actual: *Docente Universitario.*
- 1.4. Grado académico: *Ing. Civil*
- 1.5. Institución: *UPN-C*
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha: *Cajamarca 28/11/2016*

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 2 | 2 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 2 | 2 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 2 | 2 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 2 | 2 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 2 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 2 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 2 | 2 |
| | Total | 18 | 18 |

[Firma]
Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

**“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”**

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *ROGER CERQUIN QUISPE*
- 1.2. Especialidad: *Area de Hidráulica*
- 1.3. Cargo actual: *DOCENTE TIEMPO PARCIAL*
- 1.4. Grado académico: *INGENIERO CIVIL*
- 1.5. Institución: *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA*
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha: *CAJAMARCA 30/NOVIEMBRE/2016*

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 1 | 1 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 1 | 1 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 1 | 1 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 1 | 1 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 1 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 1 | 1 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 2 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 1 | 1 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 1 | 1 |
| | Total | 11 | 10 |


Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

**“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”**

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

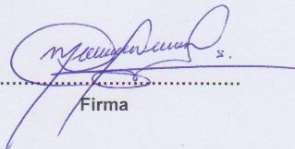
- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: MARTIN VARGAS SOLAZAR
- 1.2. Especialidad: INGENIERO CIVIL
- 1.3. Cargo actual: DOCENTE A TIEMPO PARCIAL
- 1.4. Grado académico: INGENIERO CIVIL
- 1.5. Institución: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
- 1.6. Tipo de instrumento: Protocolos y Guías
- 1.7. Lugar y fecha: CAJAMARCA 30 DE NOVIEMBRE 2016

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 2 | 2 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 2 | 2 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 2 | 2 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 2 | 2 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 2 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 2 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 2 | 2 |
| | Total | 18 | 18 |


Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *RAVINES AZAÑERO, IRENE DEL ROSARIO*
- 1.2. Especialidad: *INGENIERO CIVIL*
- 1.3. Cargo actual: *DOCENTE TIEMPO PARCIAL, PROYECTISTA.*
- 1.4. Grado académico: *ING. CIVIL*
- 1.5. Institución: *UPN, DIVERSAS INSTITUCIONES.*
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha: *CAJAMARCA, 01 DICIEMBRE 2016*

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 2 | 2 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 3 | 3 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 2 | 2 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 2 | 2 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 2 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 2 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 2 | 2 |
| | Total | 19 | 19 |

[Firma manuscrita]

 Firma

 Dávila Abanto Evert Felipe
 Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

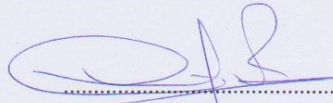
- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: GERSON Quirope Robles
- 1.2. Especialidad: INGENIERO CIVIL
- 1.3. Cargo actual: DOCENTE
- 1.4. Grado académico: INGENIERO
- 1.5. Institución: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
- 1.6. Tipo de instrumento: Protocolos y Guías
- 1.7. Lugar y fecha: 29. Nov. 2016

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 3 | 3 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 3 | 3 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 3 | 3 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 3 | 3 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 3 | 3 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 3 | 3 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 3 | 3 |
| | Total | 25 | 25 |


Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *JUAN ESTEBAN GONZALEZ GARCIA*
- 1.2. Especialidad: *GRADUACIÓN DE RIESGOS Y SEGURIDAD*
- 1.3. Cargo actual: *DOCENTE TIEMPO PARCIAL*
- 1.4. Grado académico: *MAESTRO EN CIENCIAS*
- 1.5. Institución: *ESCUELA POLITÉCNICA UNIC*
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha: *30/11/2016.*

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 2 | 2 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 2 | 2 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 3 | 2 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 2 | 2 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 2 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 2 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 2 | 2 |
| | Total | 19 | 18 |

[Firma manuscrita]

 Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
 Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

**“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”**

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

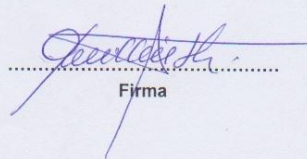
- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *Tulio Edgar Gutiérrez Sheen*
- 1.2. Especialidad: *Ingeniero Civil*
- 1.3. Cargo actual: *Docente tiempo parcial*
- 1.4. Grado académico: *Ingeniería Civil*
- 1.5. Institución: *Universidad Nacional de Cajamarca*
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha: *Cajamarca - 02 - Diciembre - 2016*

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 2 | 2 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 2 | 2 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 2 | 2 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 2 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 2 | 2 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 2 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 2 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 2 | 2 |
| | Total | 18 | 18 |


Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

**"PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016"**

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):


- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *MARTHA HUDMAN TANTA*
- 1.2. Especialidad: *INGENIERÍA CIVIL*
- 1.3. Cargo actual: *DOCENTE*
- 1.4. Grado académico: *MAGISTER*
- 1.5. Institución: *UDN*
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha: *CASAMARCA, 01 DICIEMBRE 2016*

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | 3 | 3 |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | 2 | 2 |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | 3 | 3 |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | 2 | 2 |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | 2 | 3 |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | 3 | 3 |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | 2 | 3 |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | 2 | 2 |
| 9 | Tiene secuencia lógica | 2 | 2 |
| | Total | 21 | 23 |



 Firma

 Dávila Abanto Evert Felipe
 Infante Atalaya Gloria Esther.



VALIDACIÓN DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS

TESIS PROFESIONAL:

**“PROPUESTA DE GUÍAS Y PROTOCOLOS DE ENSAYOS DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL UPNC, 2016”**

I. REFERENCIAS (Llenar datos requeridos):

- 1.1. Nombre y apellidos del Experto: *Manuel Fernandez Vargas*
- 1.2. Especialidad:
- 1.3. Cargo actual:
- 1.4. Grado académico:
- 1.5. Institución:
- 1.6. Tipo de instrumento: *Protocolos y Guías*
- 1.7. Lugar y fecha:

II. INDICACIONES:

- 2.1 En anexo se presentan los protocolos y guías, instrumentos que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad.
- 2.2 La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)
1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

| N° | ASPECTOS A VALIDAR | INSTRUMENTOS / VALORACIÓN | |
|----|---|---------------------------|------------------|
| | | Formato de Protocolos | Formato de Guías |
| 1 | Pertinencia de indicadores | <i>4</i> | <i>4</i> |
| 2 | Formulado con lenguaje apropiado | <i>4</i> | <i>4</i> |
| 3 | Adecuado para el objeto de estudio | <i>4</i> | <i>4</i> |
| 4 | Facilita la prueba de hipótesis | <i>4</i> | <i>4</i> |
| 5 | Suficiencia para medir las variables | <i>4</i> | <i>4</i> |
| 6 | Facilita la interpretación del instrumento | <i>4</i> | <i>4</i> |
| 7 | Acorde al avance de la ciencia y tecnología | <i>4</i> | <i>4</i> |
| 8 | Expresado en hechos perceptibles | <i>4</i> | <i>4</i> |
| 9 | Tiene secuencia lógica | <i>4</i> | <i>4</i> |
| | Total | | |

.....
[Firma]
Firma

Dávila Abanto Evert Felipe
Infante Atalaya Gloria Esther.