



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE**  
**CONSTRUCCIONES**

**Elaboración del modelo físico y la guía metodológica para la práctica: *captaciones laterales y de fondo*, de la asignatura de mecánica de fluidos de la Universidad del Azuay**

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

**Autores:**

**JACKELINE MALOY ARÉVALO NUGRA**  
**KEVIN ALEXIS CASTRO CABRERA**

**Director:**

**CARLOS JAVIER FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA**

**Cuenca – Ecuador**

**2018**

## DEDICATORIA

A mis padres Saúl y Siria, por ser mis pilares quienes con su infinito cariño están siempre a mi lado brindándome sus consejos y apoyo incondicional. Gracias por ser mi ejemplo de amor y superación.

A mi hermano Jairo, por ser mi compañero de aventuras, consejero y apoyarme en momentos difíciles.

A mi hermano Jair, por alegrarme la vida, ser mi inspiración e impulsarme a ser mejor cada día.

A mi familia y amigos, por sus palabras de aliento y buenos deseos.

Con cariño:

**Jackeline Maloy Arévalo Nugra**

A mis padres Samuel y Nancy, por todo el amor y apoyo incondicional que me han brindado; por ser la guía y el pilar fundamental para mi formación como mejor persona.

A mis queridos hermanos Jael y Daniel, quienes son mis mejores amigos, mis compañeros de vida.

A toda mi familia, por estar siempre conmigo, brindándome palabras de apoyo, que me han impulsado a seguir adelante.

**Kevin Alexis Castro Cabrera.**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen de Guadalupe, por haberme dado el don de la perseverancia e iluminarme en todo momento para alcanzar mi meta.

Agradezco a mis padres por su invaluable esfuerzo, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias por día tras día confiar y creer en mí.

A mis hermanos, por todo el amor y apoyo incondicional.

Agradezco a todas las personas que estuvieron acompañándome a lo largo de este proceso, aquellas que se convirtieron en parte fundamental de mi vida; de manera especial a mi compañero y amigo Kevin por su comprensión y apoyo en la realización de este trabajo.

**Jackeline Maloy Arévalo Nugra**

Agradezco al Creador, por mantenerme con vida hasta culminar esta meta, por la fortaleza y sabiduría que me ha dado para afrontar momentos de debilidad.

Agradezco a mis padres, por todo su esfuerzo y sacrificio que han hecho para mi formación universitaria; lo hemos logrado, este título es nuestro.

A mis hermanos, por todo su amor brindado e impulsarme a seguir adelante para darles un buen ejemplo.

A mi compañera de tesis y amiga Maloy, que con arduo trabajo hemos podido cumplir y culminar esta meta.

**Kevin Alexis Castro Cabrera.**

Queremos agradecer al Ingeniero Josué Larriva por facilitarnos el tema de tesis, de igual manera nuestro director de tesis el Ingeniero Javier Fernández de Córdova por el aporte de sus conocimientos y encaminarnos a feliz término nuestro trabajo de titulación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES.....	3
PROBLEMÁTICA.....	4
JUSTIFICACIÓN .....	5
OBJETIVOS .....	6
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos.....	6
ALCANCES Y RESULTADOS.....	7
CAPÍTULO I.....	8
1. MARCO TEÓRICO.....	8
1.1. Obras de captación .....	8
1.1.1 Captación de agua superficial .....	8
1.1.1.1 Periodo y caudal de diseño.....	10
1.1.1.2 Tipos de bocatomas.....	10
1.1.1.2.1 Bocatoma de fondo .....	10
1.1.1.2.2 Bocatoma lateral por gravedad .....	13
1.2 Elaboración de guías metodológicas .....	14
1.2.1 Requerimientos mínimos .....	14
1.2.2 Elaboración de fichas de resultados .....	15

CAPÍTULO II .....	17
2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO .....	17
2.1 Objetivos .....	17
2.2 Requerimientos .....	17
2.3 Variables .....	18
2.4 Lugar del experimento .....	18
2.5 Planos del experimento y especificaciones .....	18
2.5.1 Planos de la captación .....	18
2.5.2 Especificaciones: .....	25
2.6 Fundamentos .....	32
2.7 Instalación del modelo .....	49
2.8 Procedimiento y puesta en funcionamiento .....	53
2.8.1 Procedimiento: .....	53
2.8.2 Puesta en funcionamiento: .....	58
2.9 Validación .....	61
CAPÍTULO III .....	66
3. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	66
3.1 Ensayo de captación de fondo .....	66
3.1.1 Objetivo .....	66
3.1.2 Alcance .....	66
3.1.3 Definiciones .....	66
3.1.4 Instrumentos .....	67
3.1.5 Metodología .....	67
3.1.6 Cálculos .....	75
3.1.7 Resultados .....	76
3.2 Ensayo de captación lateral .....	77
3.2.1 Objetivo .....	77

3.2.2 Alcance.....	77
3.2.3 Definiciones .....	77
3.2.4 Instrumentos .....	78
3.2.5 Metodología .....	78
3.2.6 Cálculos.....	80
3.2.7 Resultados .....	80
3.3 Elaboración de guías para la realización de ensayo .....	82
3.3.1 Ensayo de captación de fondo.....	82
3.3.2 Ensayo de captación lateral.....	85
CONCLUSIONES .....	87
RECOMENDACIONES .....	87
BIBLIOGRAFÍA .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Captación en corrientes superficiales. Bocatoma en recta y en curva.....	9
Figura 1.2: Planta de la bocatoma de fondo.....	12
Figura 1.3: Corte longitudinal de la bocatoma de fondo.....	12
Figura 1.4: Corte transversal de la bocatoma de fondo.....	13
Figura 1.5. Planta y corte transversal de la bocatoma lateral por gravedad.....	14
Figura 2.1: Sistema de captación. ....	19
Figura 2.2: Sistema de captación de fondo. ....	20
Figura 2.3: Sistema de captación lateral. ....	21
Figura 2.4: Sistema de almacenamiento final .....	22
Figura 2.5: Sistema de recirculación en planta. ....	23
Figura 2.6: Perfil del sistema de recirculación.....	24
Figura 2.7: Bomba centrífuga de 2HP.....	25
Figura 2.8: Bushing de reducción .....	25
Figura 2.9: Válvula check de 2”.....	26
Figura 2.10: Tee 90° c/ rosca.....	26
Figura 2.11: Unión universal c/ rosca. ....	26
Figura 2.12: Adaptador para tubería. ....	27
Figura 2.13: Neplo plástico.....	27
Figura 2.14: Codo plástico. ....	27
Figura 2.15: Pega pvc 717 weld-on. ....	28
Figura 2.16: Tubería de pvc. ....	28
Figura 2.17: Llave de paso.....	28
Figura 2.18: Teflón.....	29
Figura 2.19: Vidrio claro de 6 líneas.....	29
Figura 2.20: Vidrio claro ácido de 4 mm. ....	29
Figura 2.21: Acrílico. ....	30
Figura 2.22: Silicona sikasil-E. ....	30
Figura 2.23: Perfil de aluminio de 1/2”.....	30
Figura 2.24: Empaque tipo U de 6mm de espesor. ....	31
Figura 2.25: Lámina de acero galvanizado. ....	31
Figura 2.26: Tablero de melamina. ....	32
Figura 2.27: Tubos estructurales de acero.....	32

Figura 2.28: Captación a través de la rejilla al canal de aducción. ....	34
Figura 2.29: Corte de la cámara de recolección. ....	40
Figura 2.30: Detalle de la captación lateral. ....	41
Figura 2.31: Soporte metálico y tablero de melamina. ....	54
Figura 2.32: Soporte metálico con 3% de pendiente. ....	54
Figura 2.33: Contenedores de vidrio. ....	55
Figura 2.34: Triplay de color azul entre los contenedores y el soporte metálico. ....	55
Figura 2.35: Acople de perfiles tipo ángulo. ....	56
Figura 2.36: Compuerta para la rejilla de fondo. ....	56
Figura 2.37: Compuerta para la rejilla lateral. ....	57
Figura 2.38: Tubería de desfogue para las dos captaciones. ....	57
Figura 2.39 Instalación del sistema de recirculación del agua. ....	58
Figura 2.40 Modelo ya ensamblado completamente. ....	58
Figura 3.1: Ajuste de la unión universal. ....	67
Figura 3.2: Nivel del tanque de almacenamiento final. ....	68
Figura 3.3: Nivel de llenado del tanque inicial. ....	68
Figura 3.4: Conexión de la bomba. ....	69
Figura 3.5: Llave cerrada completamente. ....	69
Figura 3.6: Encender la bomba. ....	70
Figura 3.7: Cierre de la compuerta lateral. ....	70
Figura 3.8: Cierre de la compuerta de fondo. ....	71
Figura 3.9: Abrir la llave del sistema de recirculación. ....	71
Figura 3.10: Puesta a funcionar con las compuertas cerradas. ....	72
Figura 3.11: Llave en la posición 1 (20°). ....	72
Figura 3.12: Toma del tiempo de llenado del recipiente de 2 litros. ....	73
Figura 3.13: Rejilla de fondo abierta. ....	73
Figura 3.14: Llave en la posición 1(20°). ....	74
Figura 3.15: Llenado del recipiente de 2 litros en el canal. ....	74
Figura 3.16: Llenado del recipiente de 1,5 litros en el sistema de captación de fondo. .....	75
Figura 3.17: Compuerta de la rejilla lateral abierta. ....	79
Figura 3.18: Llave en la posición 1 (20°). ....	79
Figura 3.19: Llenado del recipiente de 2 litros en el canal. ....	79
Figura 3.20: Llenado del recipiente de 1,5 litros en el sistema de captación lateral. .	80

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1: Dimensiones escaladas de la captación de fondo ..... 52

Tabla 2.2: Dimensiones escaladas de la captación lateral..... 53

Tabla 2.3: Mantenimiento de los componentes del modelo..... 59

Tabla 2.4: Precauciones de los componentes del modelo..... 60

Tabla 2.5: Primera prueba, sistema de compuertas cerradas. .... 62

Tabla 2.6: Segunda prueba, caudal del canal con el sistema de captación de fondo  
abierto..... 63

Tabla 2.7: Segunda prueba, caudal del sistema de captación de fondo. .... 63

Tabla 2.8: Porcentaje de los caudales en el sistema de captación de fondo..... 63

Tabla 2.9: Sistema de compuertas cerrado..... 64

Tabla 2.10: Cuarta prueba, caudal del canal con el sistema de captación lateral  
abierto..... 64

Tabla 2.11: Cuarta prueba, caudal del sistema de captación lateral..... 65

Tabla 2.12: Porcentaje de los caudales en el sistema de captación lateral..... 65

Tabla 3.1: Cap. Fondo, tabla del sistema de compuertas cerrado ..... 76

Tabla 3.2: Cap. Fondo, caudal del canal. .... 76

Tabla 3.3: Cap. Fondo, caudal del sistema de captación. .... 76

Tabla 3.4: Cap. Fondo, porcentaje de los caudales. .... 77

Tabla 3.5: Cap. Lateral, tabla del sistema de compuertas cerrado ..... 81

Tabla 3.6: Cap. Lateral, caudal del canal. .... 81

Tabla 3.7: Cap. Lateral, caudal del sistema de captación. .... 81

Tabla 3.8: Cap. Lateral, porcentaje de los caudales. .... 82

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

**RESUMEN**

En el presente trabajo se elaboró el modelo físico y la guía metodológica para la práctica de captaciones laterales y de fondo de la asignatura de mecánica de fluidos. El modelo físico elaborado tiene la capacidad de realizar dos tipos de prácticas: captación lateral y de fondo, con la posibilidad de variar los parámetros de caudal y la apertura del sistema de compuertas, según el tipo de práctica. La guía metodológica describe la secuencia de pasos que se debe seguir para realizar dicha práctica, e incluye el modelo de ficha de resultados para el registro y tabulación de los valores obtenidos.

**Palabras clave:** Captación lateral, captación de fondo, modelo físico, guía metodológica, compuertas.



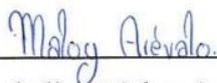
Ing. Javier Fernández de Córdova W. M.Sc.

**Director del Trabajo de Titulación**

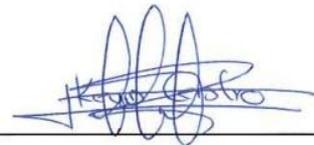


Ing. José Fernando Vázquez C. M.Sc.

**Director de la Escuela**



Jackeline Maloy Arévalo Nugra



Kevin Alexis Castro Cabrera

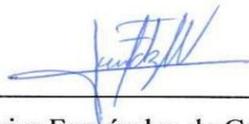
**Autores**

**“ELABORATION OF THE PHYSICAL MODEL AND THE  
METHODOLOGICAL GUIDES FOR THE LATERAL AND BACKGROUND  
INTAKES PRACTICES OF THE FLUID MECHANICS SUBJECT OF THE  
UNIVERSITY OF AZUAY”**

**ABSTRACT**

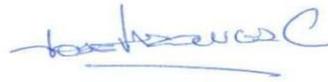
In this work, the physical model and the methodological guides for the practices of lateral and background intakes of the fluid mechanics subject were elaborated. The elaborated model had the capacity to perform two types of practices: lateral intake and background intake with the possibility to vary the flow parameters and the opening of the gate system according to the type of practice. The methodological guides described the sequence of steps to be followed in order to carry out these practices and included the results form to record and tabulate the obtained values.

**Keywords:** Lateral intake, bottom intake, physical model, methodological guide, floodgates.



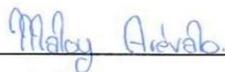
Ing. Javier Fernández de Córdova W. M.Sc.

**Thesis Director**

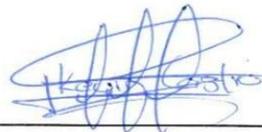


Ing. José Fernando Vázquez C. M.Sc.

**Faculty Director**

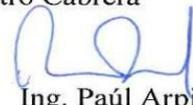


Jackeline Maloy Arévalo Nugra



Kevin Alexis Castro Cabrera

**Authors**



Ing. Paúl Arpi

**Traductor**



Jackeline Maloy Arévalo Nugra

Kevin Alexis Castro Cabrera

Trabajo de graduación

Ing. Carlos Javier Fernández de Córdova Webster M.Sc.

Agosto, 2018

**ELABORACIÓN DEL MODELO FÍSICO Y LA GUÍA METODOLÓGICA  
PARA LA PRÁCTICA: *CAPTACIONES LATERALES Y DE FONDO*, DE LA  
ASIGNATURA MECÁNICA DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY**

## **INTRODUCCIÓN**

Dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, es muy importante la realización de la parte experimental para reforzar la instrucción teórica impartida en clase. Asignaturas como Suelos, Pavimentos y Mecánica de Fluidos, necesitan de herramientas prácticas que permitan a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos.

La Mecánica de Fluidos es considerada una de las asignaturas más importantes en la formación de un Ingeniero Civil ya que nos proporciona conocimientos para realizar obras que mejoran la calidad de vida de las personas como son: alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, captaciones de agua. Siendo estas últimas de vital importancia, misma que nos permite encauzar el agua y llevarla hacia poblaciones alejadas.

Es importante considerar que las captaciones de fondo y lateral serán simuladas mediante una maqueta, con caudales pequeños. Con esto se pretende que se cumplan con los requerimientos necesarios para que la implementación de este tipo de captaciones sea realizada con éxito. Los estudiantes podrán observar el comportamiento de una obra de captación sin la necesidad de salir de su campus universitario.

El objetivo principal de este trabajo de grado es elaborar una guía metodológica para los diferentes ensayos de captaciones que incluirá: investigar los componentes de las captaciones, diseñar los diferentes elementos que lo componen, verificar su funcionalidad de acuerdo a los parámetros establecidos y realizar las guías metodológicas para cada uno de los ensayos. Todos éstos con el fin de lograr un mejor entendimiento por parte de los estudiantes.

El diseño metodológico de este proyecto consistirá en una investigación educativa. Analizaremos el contenido, sistematizando e interpretando la información obtenida en las diferentes bibliografías; se procederá a calcular los parámetros de diseño y los elementos constitutivos de la obra de captación. Con los datos y planos obtenidos se procederá a realizar un modelo a escala con materiales del medio que garanticen los parámetros establecidos y un periodo de duración considerable. Se experimentará con este modelo, realizando varios ensayos que sean de utilidad para los estudiantes y se elaborará las respectivas guías de estudio.

## ANTECEDENTES

Después del aire que respiramos, el agua es el elemento más esencial para el hombre. Sin el agua la vida animal o vegetal es imposible. Por esto en la utilización de recursos hidráulicos, es necesario regular tanto la cantidad como el nivel de agua. Esta intervención del hombre en los procesos naturales requiere de la construcción de diferentes estructuras hidráulicas (Krochin, 1982).

Por otra parte, lo complejo de un sistema de abastecimiento de agua implica un conocimiento conceptual en aspectos de hidrología, hidráulica y saneamiento ambiental, y requiere, en algunas de sus partes, del apoyo del concreto armado y de la resistencia de materiales, que hacen de esta materia un acopio de variados aspectos de ingeniería, con soluciones diversas. En el estudio de las variadas alternativas, intervienen también criterios diversos que conjugan los aspectos técnicos con los privados, bajo el punto de vista de la justificación económica (Arocha, 1977).

En la actualidad, la ciudad de Cuenca cuenta con muy pocos laboratorios de hidráulica, que contribuyan a la formación práctica de los Ingenieros Civiles, que complemente el contenido teórico de las asignaturas relacionadas con la Hidráulica, Hidrología y lo relacionado con el estudio de las Obras Hidráulicas.

En miras de proporcionar a los futuros Ingenieros Civiles de la Universidad del Azuay un aprendizaje de calidad la universidad se ve en la necesidad de crear un laboratorio de Hidráulica para la respectiva realización de las prácticas ya determinadas con sus guías metodológicas para el buen uso y beneficio del mismo. El trabajo de laboratorio favorece y promueve el aprendizaje de las ciencias, pues le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad. Además, el estudiante pone en juego sus conocimientos previos y los verifica mediante las prácticas. La actividad experimental no solo debe ser vista como una herramienta de conocimiento, sino como un instrumento que promueve los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales que debe incluir cualquier dispositivo pedagógico (López & Tamayo, 2012).

## **PROBLEMÁTICA**

La Mecánica de Fluidos está íntimamente relacionada con la Hidrosanitaria, la cual es una asignatura primordial para un Ingeniero/a Civil. Los conocimientos impartidos en clase están enfocados en entender el movimiento de los fluidos y las fuerzas que están relacionadas con dicho movimiento.

Contar con un laboratorio de hidráulica en el que el estudiante pueda experimentar y visualizar las diferentes situaciones que puedan presentarse dentro de una captación de agua permitirá que los alumnos afiancen todos los conocimientos adquiridos en clase, manifestando mayor interés.

Realizar prácticas de laboratorio implica una gran dificultad empezando con la intervención del tutor de clase orientando a los alumnos con los procedimientos y normas a seguir para obtener resultados exitosos. Posteriormente la práctica la realizan los estudiantes de manera independiente, pero esto no garantiza que el ensayo culmine con un buen resultado ya que muchas veces el estudiante omite pasos o procedimientos que son claves; fallando la práctica y por ende obteniendo resultados desfavorables que no cumplen con las respectivas normas. Todo esto debido a la falta de manuales o fichas metodológicas en las que se explique a detalle la correcta ejecución de cada uno de los ensayos que comprenden el estudio de la mecánica de fluidos.

## JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene como prioridad facilitar el entendimiento y el desarrollo de las prácticas que se realizarán en el laboratorio de Hidráulica, se pretende elaborar una guía metodológica en donde consten los ensayos y sus respectivos procedimientos; en donde los estudiantes logren un mayor entendimiento en lo que respecta a la asignatura. Además de los procedimientos que se deben seguir se contará con un ejemplo de cálculo y el respectivo formato de ficha para que los diferentes ensayos se realicen de la mejor manera despejando cualquier inquietud y logrando que la práctica en el laboratorio tenga un mejor desarrollo.

Es de gran importancia tener un modelo de captación lateral y de fondo, la misma que permita a los estudiantes asimilar lo que sucede en la práctica y poder tomar decisiones inteligentes respecto a los diferentes fenómenos.

A su vez la actividad experimental hace mucho más que apoyar las clases teóricas de cualquier área del conocimiento; su papel es importante en cuanto despierta y desarrolla la curiosidad de los estudiantes, ayudándolos a resolver problemas, explicar y comprender los fenómenos con los cuales interactúan en su cotidianidad. Una clase teórica, de la mano de la enseñanza experimental creativa y continua, puede aportar al desarrollo en los estudiantes de algunas habilidades que exige la construcción de conocimiento científico (López & Tamayo, 2012).

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Elaborar el modelo físico y la guía metodológica para la práctica de *captación de fondo y lateral*, de la asignatura de mecánica de fluidos.

### Objetivos Específicos

- Investigar sobre los componentes que comprenden la captación de fondo y lateral de un sistema de agua.
- Diseñar el experimento ponerlo en funcionalidad de acuerdo a los parámetros establecidos.
- Realizar las guías de estudio para cada uno de los ensayos.

## **ALCANCES Y RESULTADOS**

Mediante el desarrollo de este trabajo se espera obtener una descripción detallada, una ficha formato y los cálculos de cada uno de los ensayos realizados en laboratorio de hidráulica de la Universidad del Azuay. Para lo cual será necesario: realizar el ensayo de captación de fondo, con el objetivo de determinar el caudal saliente; realizar el ensayo de captación lateral, con el objetivo de determinar el caudal saliente y realizar una maqueta que simule la captación de fondo y lateral de agua.

Con un buen análisis se interpretarán los resultados y se propondrán las mejoras posibles para que el funcionamiento sea el óptimo y se dé el mejor comportamiento de cada uno de los elementos que conforman los dos tipos de captaciones.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Obras de captación

Por captación se entiende a el punto o puntos de origen de las aguas para un abastecimiento, así como las obras de diferente naturaleza que deben realizarse para su recogida (Pérez de la Cruz, 2011).

La obra de captación consiste de una estructura colocada directamente en la fuente a fin de captar el gasto deseado y conducirlo a la línea de aducción. Para el diseño de obras de captación de fuentes superficiales, habrá que considerar aquellos aspectos característicos como las fuentes superficiales sin regulación y las fuentes superficiales con la regulación de los caudales (Arocha, 1977).

Las obras de captación tienen como finalidad de solucionar ciertos problemas de abastecimiento de agua en una determinada población, éstas pueden variar dependiendo de la naturaleza de la fuente de abastecimiento, topografía y localización del terreno (Gómez, 2017).

##### 1.1.1 Captación de agua superficial

Estas obras de captación pueden localizarse en zonas donde el suelo sea estable y resistente a la erosión, procurando que la captación se haga en un sector recto del cauce. En caso de necesitar la captación en una curva, aquella debe ubicarse en la parte exterior de la curva, tomando las debidas medidas de protección de la obra, como por ejemplo muros de contención aguas arriba y aguas debajo de la bocatoma, como se ilustra en la figura 1.1. Al colocar la bocatoma en la parte interior de la curva, se colmataría con el material de allí depositado en las crecientes y en época de verano podría quedar en seco (López, 1995).

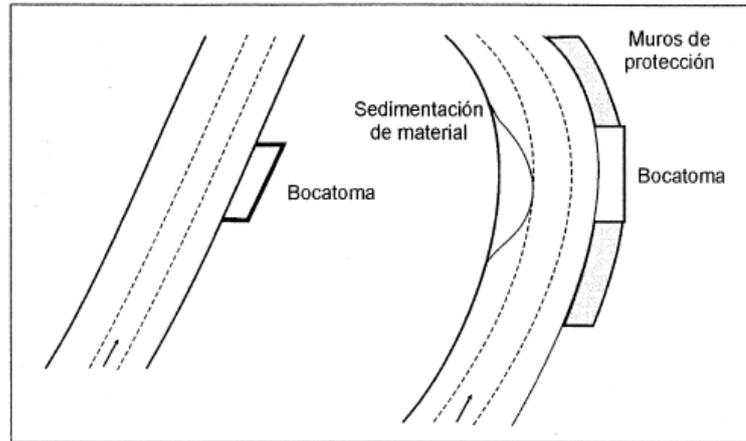


Figura 1.1: Captación en corrientes superficiales. Bocatoma en recta y en curva.

Fuente: (López, 1995)

Estas obras de captación deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Con cualquier calado en el río deben captar una cantidad de agua prácticamente constante.
- Deben impedir hasta donde sea posible la entrada a la conducción de material sólido y flotante y hacer que éste siga por el río.
- Satisfacer todas las condiciones de seguridad necesarias.

La captación puede realizarse directamente sin ninguna obra en el cauce, aunque es más común y conveniente construir una presa cerrando éste. En el primer caso, es decir cuando el agua se lleva directamente mediante un canal lateral, es mucho más barato, especialmente tratándose de ríos relativamente grandes, pues se evita la necesidad del dique costoso y en general la construcción es sencilla (Krochin, 1982).

Las tomas sin azud tienen muchos inconvenientes y la mayoría de las obras de toma tienen un dique que cierra el cauce del río y que eleva el nivel de agua hasta una cota determinada. Según la forma de captación de agua las obras de toma pueden ser de tipo convencional. Ésta toma consiste de un dique vertedero que cierra el cauce del río y capta las aguas por un orificio o vertedero lateral. Muchas veces cuando la variación del calado es muy fuerte entre la época seca y lluviosa, la altura del dique debe ser baja y esto se compensa con compuertas que se colocan en su cresta. Las compuertas que pueden ser de distintos tipos se sostienen en pilas o contrafuertes que dividen el dique en una serie de tramos (Krochin, 1982).

### **1.1.1.1 Periodo y caudal de diseño**

El horizonte de planeamiento de las obras de captación en corrientes superficiales depende del tamaño del proyecto. Para sistemas rurales pequeños, el periodo de diseño puede ser de 15 años y construido sin etapas intermedias. En proyectos mayores, para ciudades intermedias y capitales, el periodo de diseño puede ser de 30 años y se debe estudiar la posibilidad de una ampliación de la captación en diferentes etapas (López, 1995).

Para proyectos rurales pequeños y medianos, el caudal de diseño de la captación es igual al caudal máximo diario, más la pérdida ocurrida en el transporte del agua entre la captación y la planta de purificación (máximo 5% del caudal medio diario), más el consumo de agua en la planta de purificación (entre 3 y 5% del caudal medio diario). En proyectos mayores para ciudades intermedias y capitales, el caudal de diseño corresponde a una y media y dos veces el caudal máximo diario (López, 1995).

### **1.1.1.2 Tipos de bocatomas**

Existen diversos tipos de bocatomas; los factores determinantes para la selección de la bocatoma más adecuada son la naturaleza del cauce y la topografía general del proyecto. Para este proyecto hemos considerado la bocatoma de fondo y la bocatoma lateral por gravedad.

#### **1.1.1.2.1 Bocatoma de fondo**

El agua se capta a través de una rejilla colocada en la parte superior de una presa, que a su vez se dirige en sentido normal de la corriente. El ancho de esta presa puede ser igual o menor que el ancho del río (López, 1995).

La bocatoma de fondo consta de varias partes:

- Presa: Su cota superior está al mismo nivel de la cota de fondo del río. Construida generalmente en concreto ciclópeo, dentro de ella se encuentra el canal de aducción.

- Solados o enrocado superior e inferior: Ubicados aguas arriba y aguas debajo de la presa, tienen por objeto protegerla de la erosión. Pueden construirse en concreto o enrocado.
- Muros laterales: Encauzan el agua hacia la rejilla y protegen los taludes. El ancho de estos muros depende de la estabilidad estructural. Como son en concreto ciclópeo, los anchos de los muros pueden ser de 60 centímetros o menos; esto depende del estudio de la estabilidad de los mismos muros.
- Rejilla: Se coloca sobre el canal de aducción que se encuentra dentro de la presa. La longitud de la rejilla y, por tanto, la del canal de aducción, puede ser menor que la longitud de la presa o el ancho de la garganta, según las necesidades del caudal que se ha de captar. El ancho mínimo es de 40 centímetros y el largo mínimo de 70 centímetros, dados para facilitar la operación de limpieza y mantenimiento. Los barrotes y el marco pueden ser de hierro, el espaciamiento adecuado dependerá del área disponible en la toma y del diámetro de los sedimentos que pasen por ahí, un estimado de la separación entre barrotes puede ser de cinco a diez centímetros de los mismos de  $\frac{1}{2}$ " ,  $\frac{3}{4}$ " o 1".

Los barrotes van en dirección de la corriente del cauce, con una inclinación en dirección aguas abajo, para lograr que los sedimentos arrastrados se hagan en la misma dirección aguas abajo. Su forma tiene diferentes secciones como: circular, ojival, rectangular o trapezoidal; se puede elegir cualquiera de éstas secciones según el tipo de proyecto o de las características que tengan los sedimentos arrastrados.

- Canal de aducción: Recibe el agua a través de la rejilla y entrega el agua captada a la cámara de recolección. Tiene una pendiente entre 1% y 14%, con el fin de dar una velocidad mínima adecuada y segura para realizar las labores de mantenimiento.
- Cámara de recolección: Generalmente es cuadrada o rectangular, con muros en concreto reforzado cuyo espesor puede ser de 30 centímetros y su altura igual a la de los muros laterales. En su interior se encuentra un vertedero de

excesos lateral, que entrega el agua a una tubería de excesos que se regresa el agua al cauce (López, 1995).

En las figuras 1.2, 1.3 y 1.4, se detallan los elementos de la bocatoma de fondo.

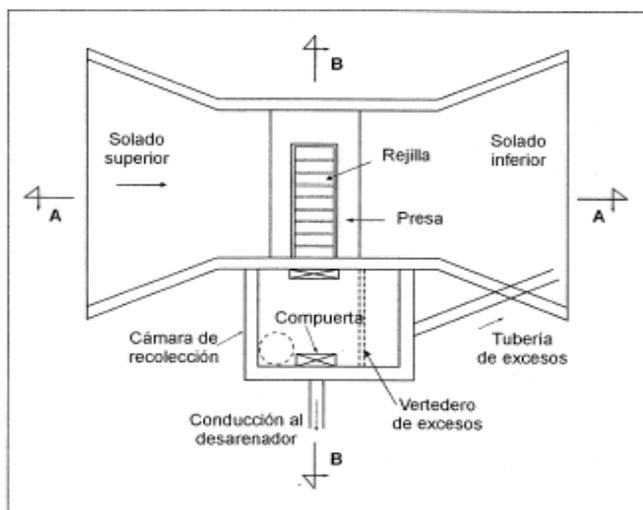


Figura 1.2: Planta de la bocatoma de fondo.

Fuente: (López, 1995)

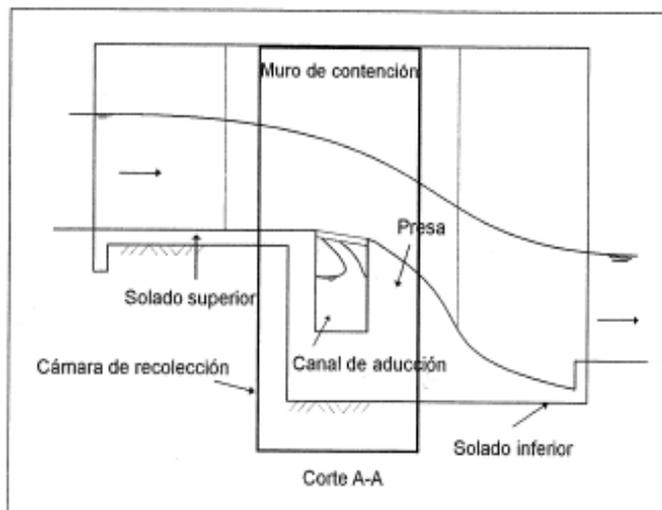


Figura 1.3: Corte longitudinal de la bocatoma de fondo.

Fuente: (López, 1995)

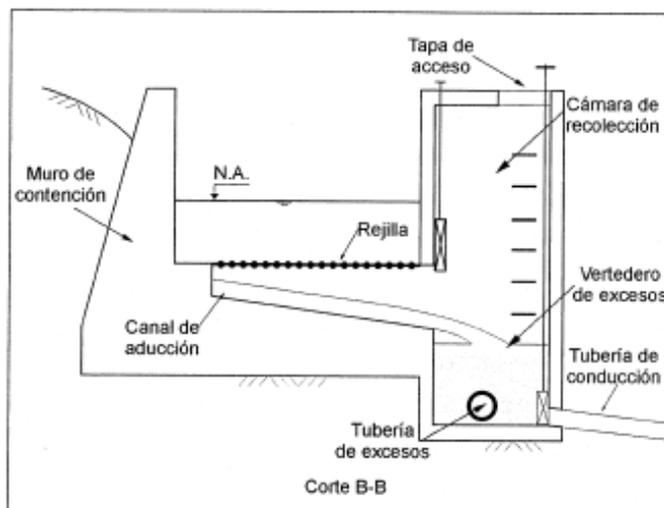


Figura 1.4: Corte transversal de la bocatoma de fondo

Fuente: (López, 1995)

#### 1.1.1.2.2 Bocatoma lateral por gravedad

La captación de los ríos profundos puede hacerse por gravedad siempre y cuando se cuente con las condiciones topográficas e hidráulicas suficientes, de manera similar a la toma con muro transversal, reemplazando el muro para compuertas y rejilla por otra de mayores dimensiones. Se puede realizar el tratamiento primario de desarenador en forma inmediata (López, 1995).

Este tipo de obra debe ser empleada en ríos de caudal limitado y que no produzcan socavación profunda. La obra de toma se ubicará en el tramo del río con mayor estabilidad geológica, debiendo prever además muros de protección para evitar el desgaste del terreno (Moreno, 2004). En la figura 1.5 se detalla la planta y corte transversal de la bocatoma lateral por gravedad.

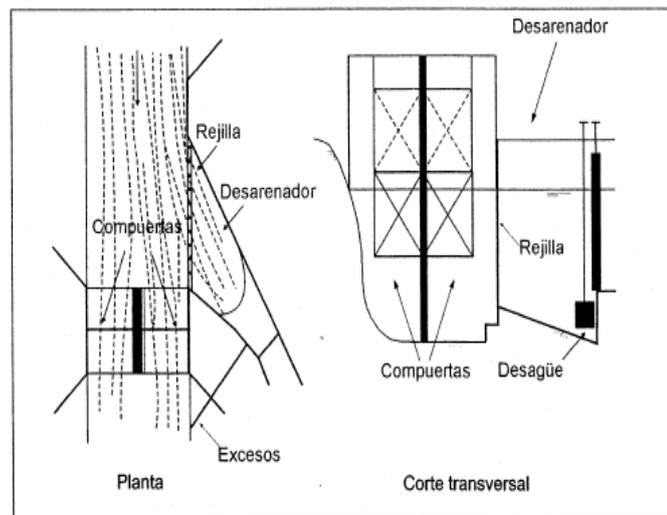


Figura 1.5. Planta y corte transversal de la bocatoma lateral por gravedad.

Fuente: (López, 1995)

Las partes de la bocatoma lateral son:

- Rejilla de entrada: Se encuentra en la parte lateral, permite que ingrese el agua hacia el desarenador, la separación entre barrotes no debe sobrepasar a los 7 cm, evitando así que pase material sólido.
- Desripiador: Sección de forma cuadrada o rectangular, posee un vertedero de salida, permitiendo el paso hacia la transición al desarenador.
- Canal de transición: La finalidad de la transición es que el cambio de sección de una estructura a otra de diferentes dimensiones no sea bruscamente, ocasionando pérdidas mínimas.
- Desarenador: Se encarga de la remoción de las arenas y sólidos, que están suspendido en el agua.

## 1.2 Elaboración de guías metodológicas

### 1.2.1 Requerimientos mínimos

Con el objetivo de orientar a los estudiantes en la elaboración de las prácticas de laboratorio se transcriben las pautas con las normas y procedimientos correspondientes a cada ensayo.

Los requerimientos mínimos para la práctica de Captación Lateral y de Fondo son:

- $Q$  diseño= caudal de diseño (l/s)
- $b$ = ancho de la rejilla(m)
- $L$ = longitud de la rejilla (m)
- $S$ = espaciamiento de la rejilla (m)
- $H$ = altura de la rejilla (m)
- $t$ = ancho del barroto (m)

### 1.2.2 Elaboración de fichas de resultados

La ficha de resultados de cada uno de los ensayos realizados es de suma importancia ya que se va recopilando información a lo largo de la práctica; esta debe tener los siguientes componentes:

**Tema:** título de la práctica de laboratorio a realizarse.

**Objetivos de la práctica:** los mismos derivan del planteamiento del problema y se formulan con base a las principales interrogantes que se desean contestar a través del estudio. Los objetivos de la investigación refieren a lo que se desea conocer, explorar, determinar y demostrar. O sea, son los objetivos que orientan la formulación de la hipótesis, la definición de variables e indicadores del estudio, y el plan de análisis de datos.

Se recomiendan que sean precisos a los fines de evaluar su pertinencia y la factibilidad de que sean alcanzados con la metodología propuesta. Se enfatiza la necesidad que los objetivos sean circunstanciales, evitando partir de enunciados muy generales.

**Introducción:** breve descripción de los fundamentos en los que está basada la práctica.

**Equipos y materiales:** se detalla todos los equipos y materiales utilizados durante la práctica, su adecuada aplicación con la respectiva memoria fotográfica.

**Metodología para la realización de la práctica:** enseña a dirigir determinado proceso de manera eficiente y eficaz para alcanzar los resultados esperados y tiene como objetivo darnos la estrategia a seguir en el proceso (Cortés & Iglesias, 2005).

**Fichas de resultados:** reúne toda la información de la práctica de laboratorio de forma ordenada y sistemática; para posteriormente realizar los respectivos cálculos, analizarlos y concluir de forma eficiente.

**Conclusiones:** debe reflejar los alcances y las limitaciones del estudio. Las conclusiones deben presentarse de manera clara, concreta y bien fundamentada. Para su redacción se tomarán ideas claves y presentando los hallazgos principales del ensayo.

Se pueden considerar 3 tipos de conclusiones: teóricas, metodológicas y pragmáticas. Las conclusiones teóricas destacan las ideas centrales de la teoría, el modelo conceptual, o el sistema utilizado como fundamento para la investigación. Las conclusiones metodológicas refieren a las notas características de los métodos utilizados, con la reflexión sobre su pertinencia o dificultades encontradas para el desarrollo de la investigación. Las conclusiones pragmáticas describen brevemente las posibles aplicaciones de la investigación, y las proyecciones sobre estudios futuros sobre el tema (UC, 2018).

**Bibliografía:** se adjunta toda la bibliografía que se utiliza para la realización de la práctica ya sea libros, sitios web, apuntes de clases o cualquier fuente de información confiable.

## CAPÍTULO II

### 2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

#### 2.1 Objetivos

Diseñar el prototipo de la captación lateral y de fondo; a su vez realizar un modelo físico a escala, cumpliendo con las condiciones y parámetros establecidos respectivamente. Determinar el material del modelo físico; el mismo que permita la correcta visualización y durabilidad.

Diseñar un sistema de recirculación de agua.

Corregir los posibles errores basándonos en la simulación del modelo ya sea por material o dimensiones.

#### 2.2 Requerimientos

- Contenedores de vidrio.

Vidrio claro de 6 líneas de espesor (6 mm), si se tiene mayor espesor en el vidrio, mayor será la capacidad de soportar el peso y presión del agua.

- Silicona.

Sellador de juntas para ventanería marca Sikasil-E; impermeabiliza las uniones de los contenedores garantizando que trabajen monolíticamente.

- Soportes de metal.

Tubo estructural rectangular de 40x20x0,2 en acero negro fondeado y pintado; resiste la carga de la estructura y la hidráulica.

- Ángulos de aluminio.

Perfil de aluminio tipo ángulo de ½” en color natural; garantiza un correcto sellado de las uniones y a la vez rigidiza la estructura.

- Bomba de agua de 2HP.

Bomba de motor eléctrico y bajo consumo de energía, tiene la finalidad de recircular el agua desde del tanque final de almacenamiento hasta la parte superior del tanque inicial.

- Llave de paso de agua.

Llave de paso plástica de 1 ½", regula el caudal que irá hacia el tanque superior inicial, controla las diferentes muestras en los ensayos de captación lateral y de fondo.

- Válvula de retención.

Válvula de retención o check permite que el agua no regrese.

- Tuberías de PVC

Tubería para el sistema de recirculación del agua, y el sistema de captación por gravedad. Los diámetros usados son: 1", 1 ½", 2".

## 2.3 Variables

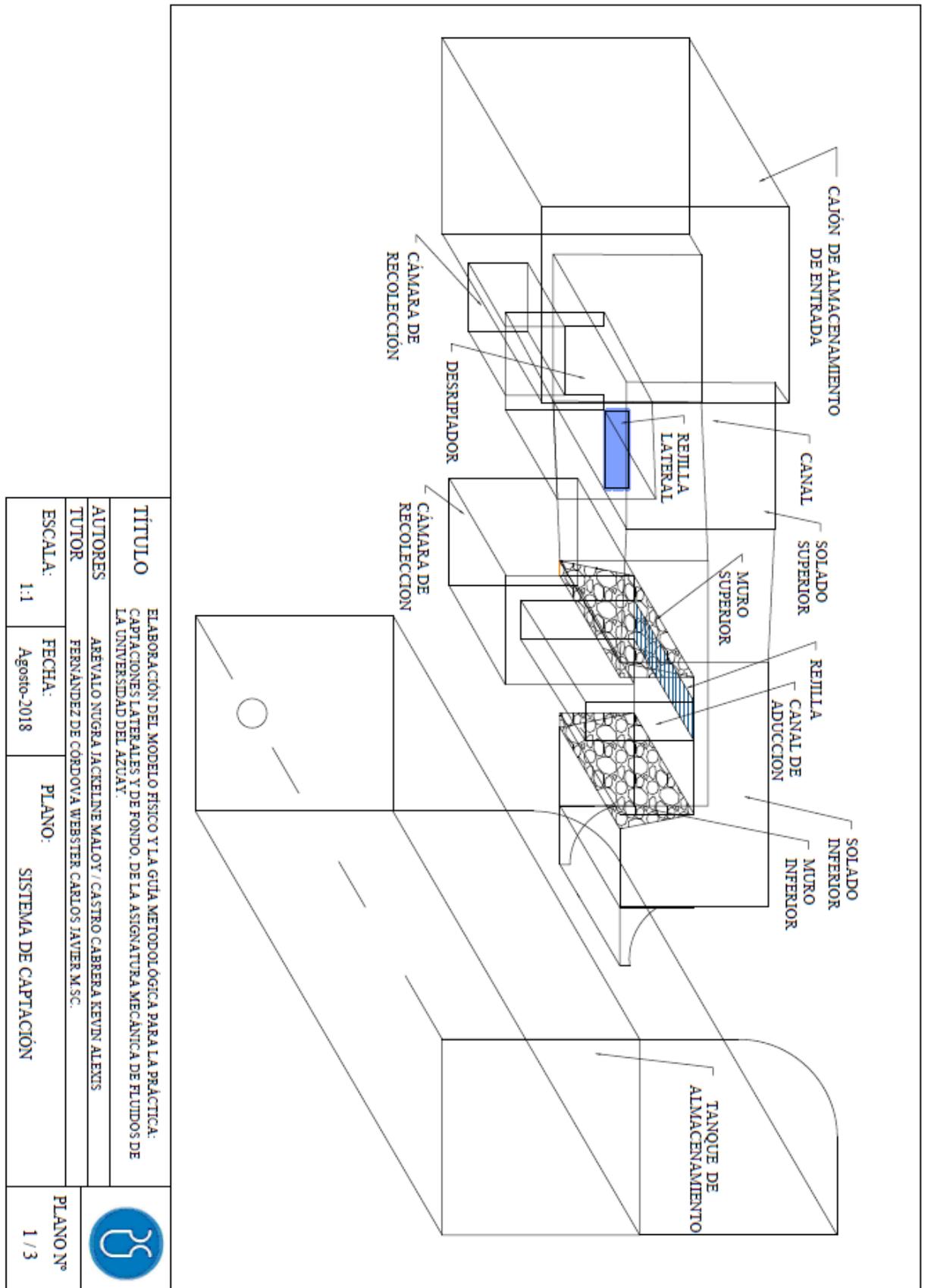
- Gasto o caudal.
- Velocidades de conducción.
- Altura piezométrica en la conducción.

## 2.4 Lugar del experimento

El experimento se realizó en el domicilio del Sr. Kevin Castro, para posteriormente trasladarlo al laboratorio de Hidráulica de la carrera de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones.

## 2.5 Planos del experimento y especificaciones

### 2.5.1 Planos de la captación



<b>TÍTULO</b>		ELABORACION DEL MODELO FISICO Y LA GUIA METODOLÓGICA PARA LA PRÁCTICA. CAPTACIONES LATERALES Y DE FONDO. DE LA ASIGNATURA MECÁNICA DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY.		
<b>AUTORES</b>		AREVALO NUGRA JACELINE MALOY / CASTRO CABRERA KEVIN ALEXIS		
<b>TUTOR</b>		FERNANDEZ DE CORDOVA WEBSTER CARLOS JAVIER M.SC.		
<b>ESCALA:</b>	1:1	<b>FECHA:</b>	Agosto-2018	
<b>PLANO:</b>	SISTEMA DE CAPTACIÓN			<b>PLANO N°</b> 1 / 3

Figura 2.1: Sistema de captación.

Fuente: Autores.

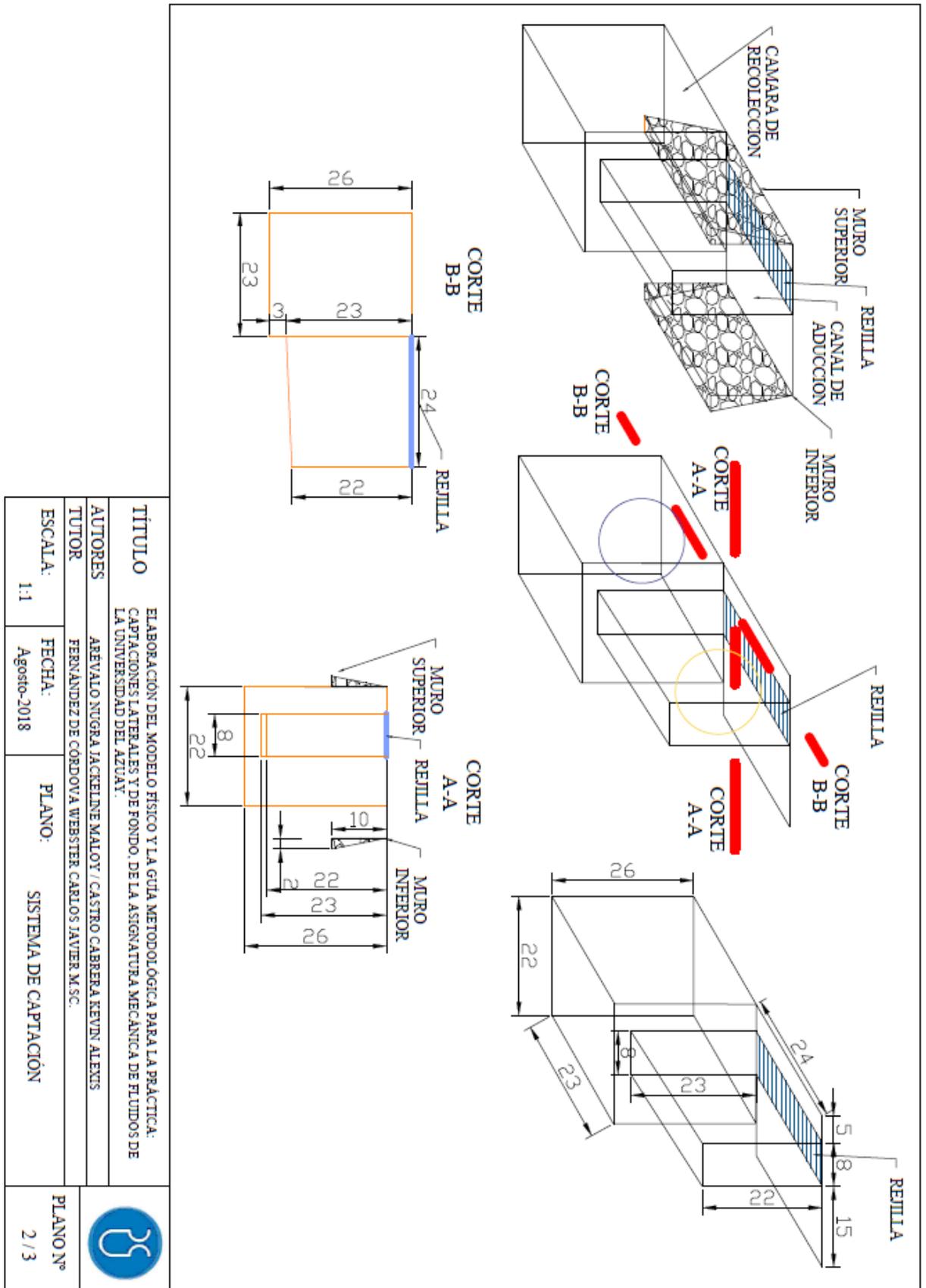


Figura 2.2: Sistema de captación de fondo.

Fuente: Autores.

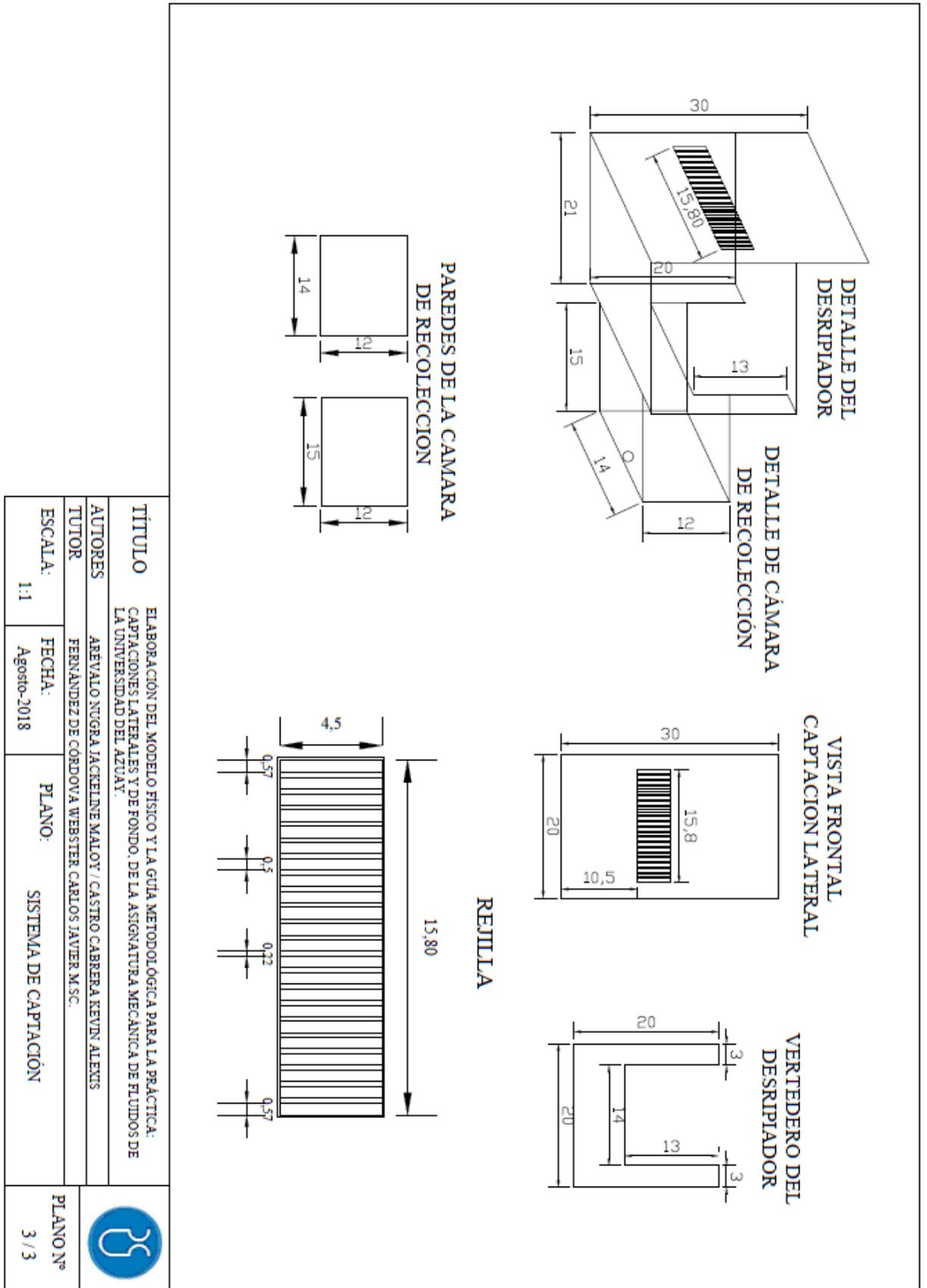


Figura 2.3: Sistema de captación lateral.

Fuente: Autores.

Plano del sistema de almacenamiento final

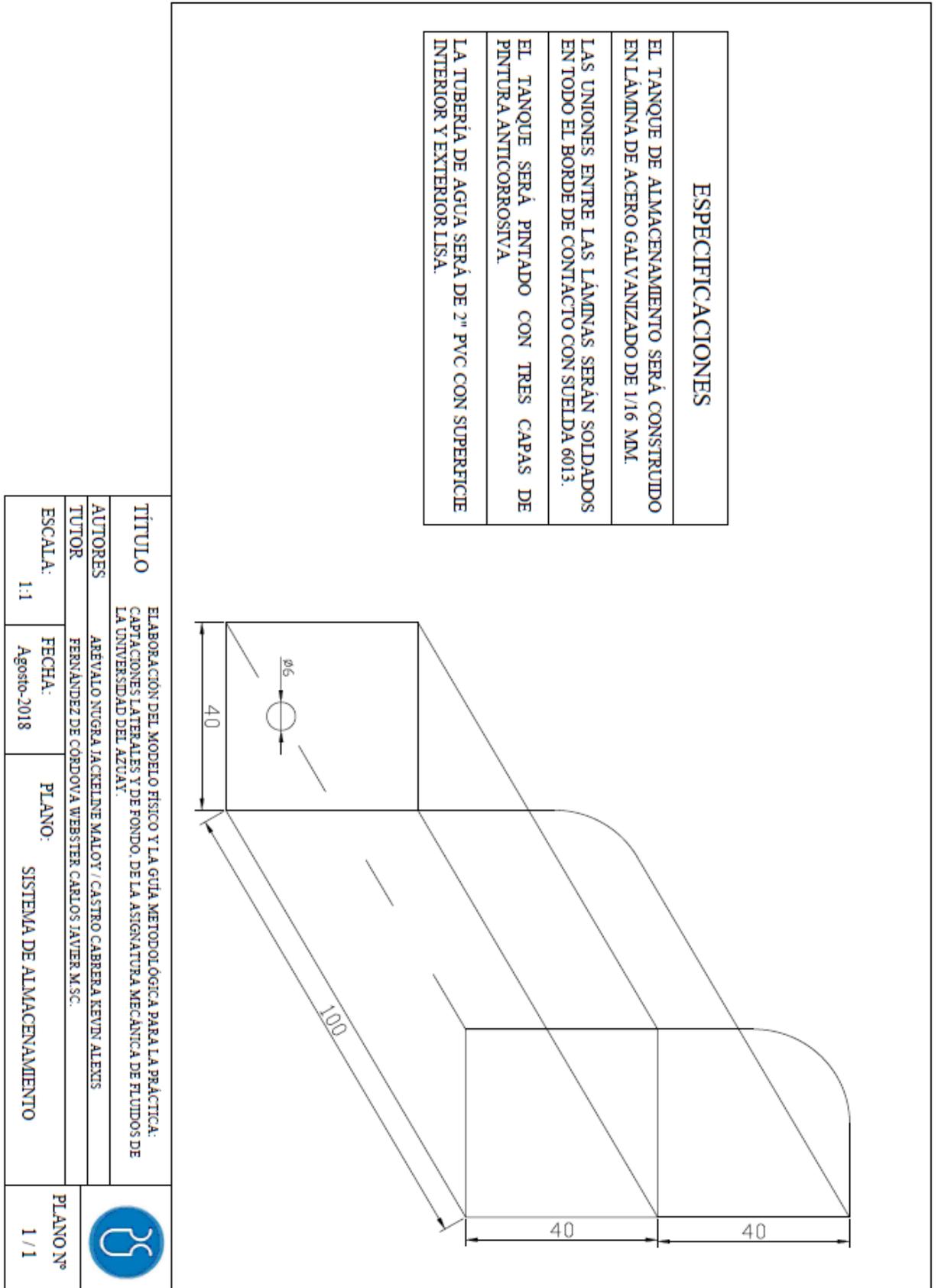


Figura 2.4: Sistema de almacenamiento final

Fuente: Autores.

Plano del sistema de recirculación

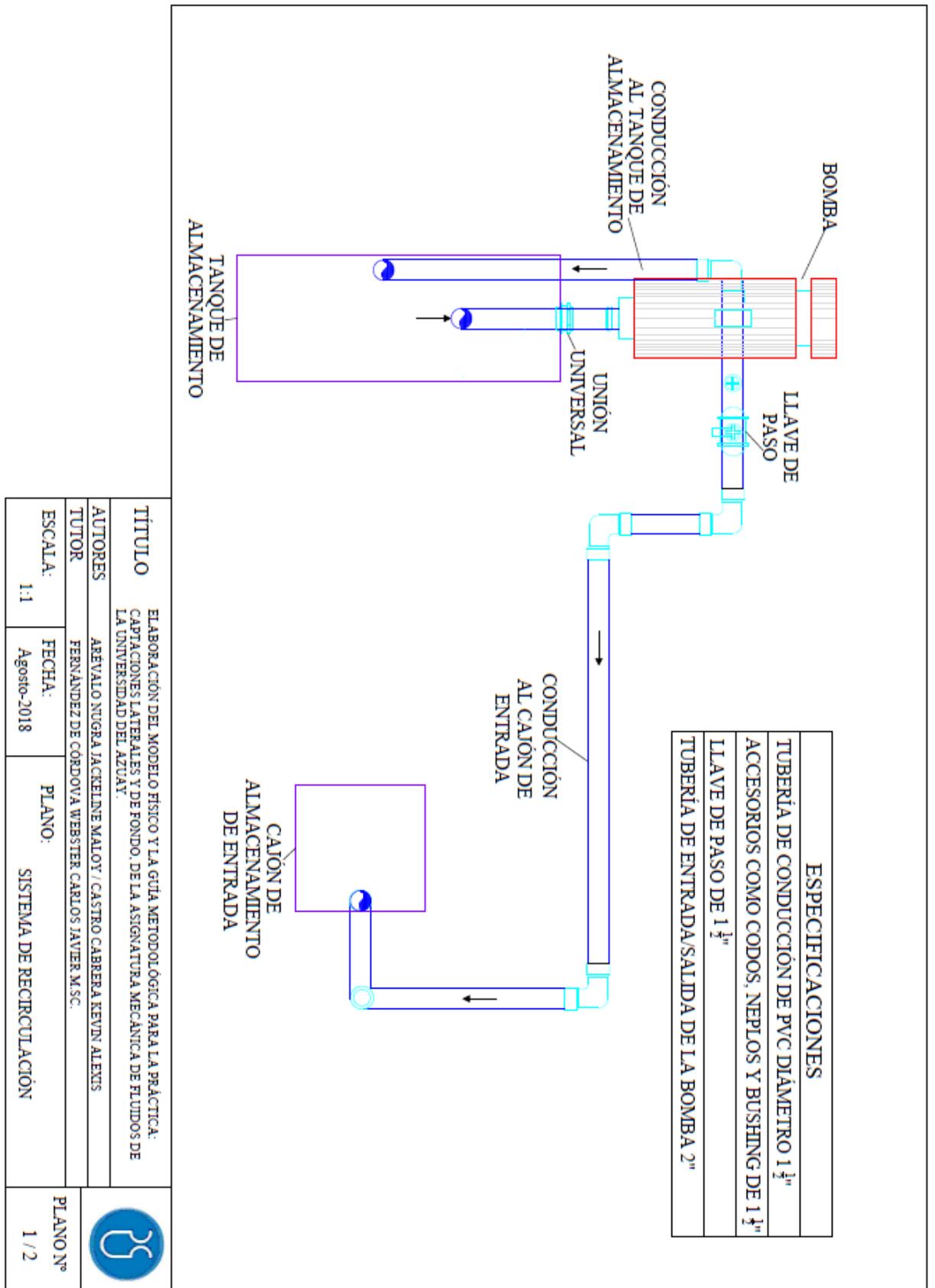


Figura 2.5: Sistema de recirculación en planta.

Fuente: Autores.

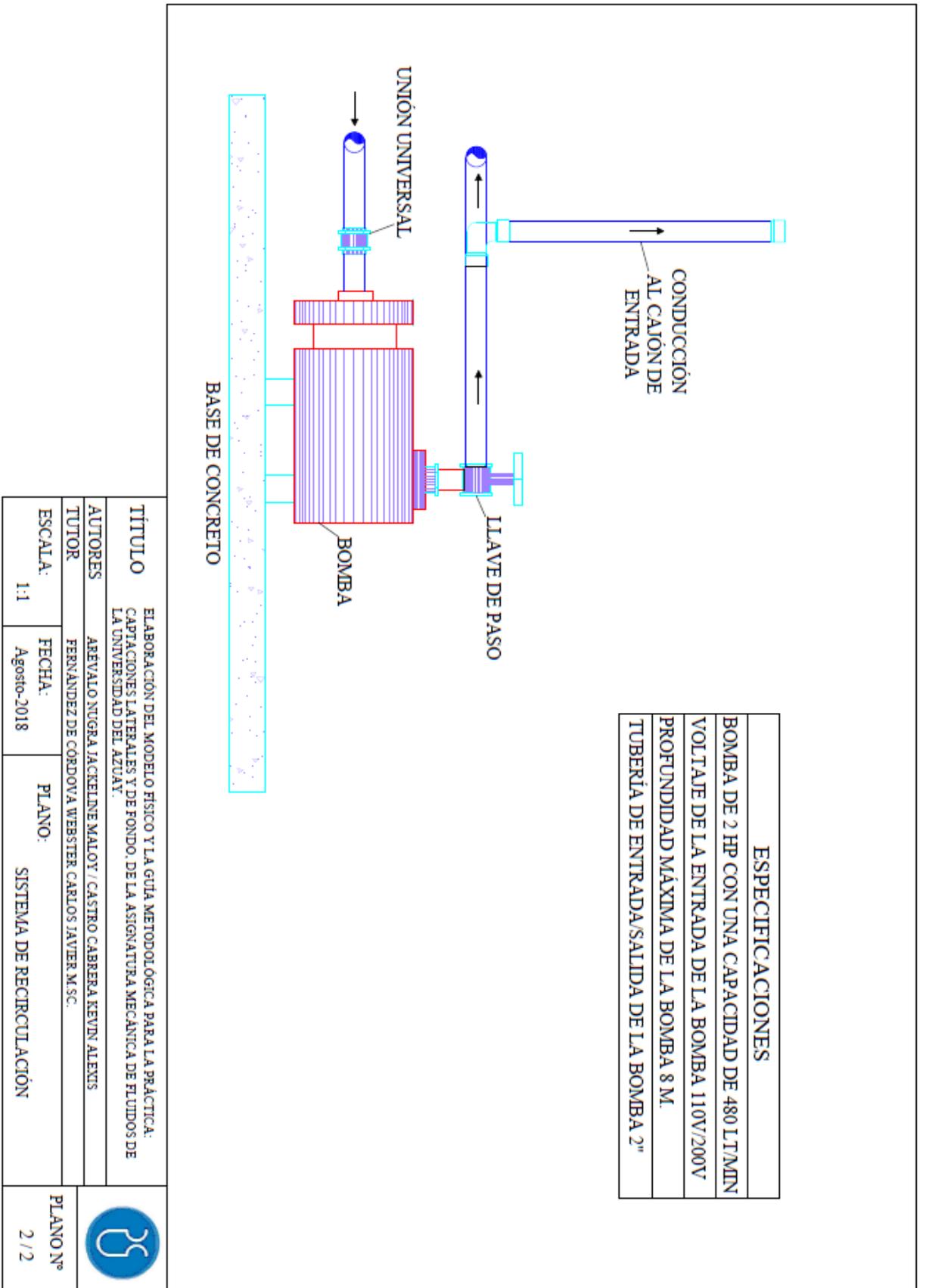


Figura 2.6: Perfil del sistema de recirculación.

Fuente: Autores.

## 2.5.2 Especificaciones:

### Sistema de recirculación

**Bomba:** bomba centrífuga eléctrica de 2HP (ver figura 2.7), está conectada desde el tanque de almacenamiento hasta el contenedor de entrada. Tiene una capacidad de 480 lt/min pudiendo trabajar tanto a 110V cómo 220V y lograr una altura máxima de 20 metros.



Figura 2.7: Bomba centrífuga de 2HP.

Fuente: (Banco del perno, 2018).

**Bushing reductor:** bushing de reducción de 2" a 1 ½" (ver figura 2.8), con la finalidad de lograr un tamaño adecuado para las demás instalaciones.



Figura 2.8: Bushing de reducción

Fuente: (Electrofer, 2018).

**Válvula check o válvula de antiretorno:** válvula de retención roscable (ver figura 2.9), cuyo diámetro es de 2". Usada para evitar el retorno del agua y a su vez permitir que la bomba siempre se encuentre cebada.



Figura 2.9: Válvula check de 2".

Fuente: (Tigre, 2018).

**Tee de plástico 90° c/ rosca:** tee para dividir el caudal de entrada (ver figura 2.10), y así poder controlar los caudales derivados al tanque de almacenamiento y al contenedor de ingreso.



Figura 2.10: Tee 90° c/ rosca.

Fuente: (Tigre, 2018).

**Unión universal c/rosca:** unión de 2" para facilitar el ensamblaje y transporte del sistema (ver figura 2.11).



Figura 2.11: Unión universal c/ rosca.

Fuente: (Tigre, 2018).

**Adaptador plástico:** adaptador para tubería de 1 ½" (ver figura 2.12); permite unir la tubería pvc usada en el sistema.



Figura 2.12: Adaptador para tubería.

Fuente: (Megaprofer, 2018).

**Neplo plástico:** neplo de 1 ½” (ver figura 2.13), permite una adecuada conexión de los elementos. En este caso la tee con: la llave de paso, la tubería que desfoga el caudal sobrante.



Figura 2.13: Neplo plástico.

Fuente: (Megaprofer, 2018).

**Codo plástico a 90 grados:** codo usado para unir la tubería pvc y elaborar el sistema de recirculación dando la dirección adecuada a cada tramo (ver figura 2.14).



Figura 2.14: Codo plástico.

Fuente: (Megaprofer, 2018).

**Pega pvc 717 weld-on ips:** pega PVC de alta resistencia (ver figura 2.15); empata el tubo con los codos garantizando adherencia y evitando posibles fugas en el sistema.



Figura 2.15: Pega pvc 717 weld-on.

Fuente: (Tigre, 2018).

**Tubo pvc:** tubería pvc fabricado bajo la norma INEN 2497 (ver figura 2.16) con resistencia a altas presiones; se usó para la conducción de agua desde el tanque de almacenamiento (diámetro de 2”) hasta la bomba; y de esta al resto del sistema de captación (diámetro de 1 ½”).



Figura 2.16: Tubería de pvc.

Fuente: (Plastidor, 2018).

**Llave de paso:** válvula de doble unión de 1.½” (ver figura 2.17), controla el caudal usado para el modelo de captaciones; este puede ser regulado manualmente.



Figura 2.17: Llave de paso.

Fuente: (Electrofer, 2018).

**Teflón:** plástico (ver figura 2.18) usado en los accesorios de unión; garantizando la impermeabilización del sistema.



Figura 2.18: Teflón.

Fuente: (Proindupet, 2018).

### Sistema de captación

**Vidrio claro:** vidrio claro de 6 mm de espesor (ver figura 2.19), se usó para la construcción de todos los elementos del sistema tales como: contenedor de ingreso, canal del sistema, solares, cámaras de recolección y canal de aducción. Asegurando que resista las presiones producidas por el agua.

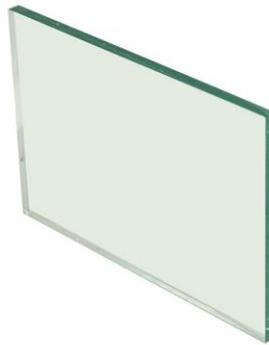


Figura 2.19: Vidrio claro de 6 líneas.

Fuente: (Cedal, 2018).

**Vidrio claro ácido:** vidrio con ácido abrasivo de 4 mm de espesor (ver figura 2.20), se usó para la realización de las compuertas por su acabado estético.



Figura 2.20: Vidrio claro ácido de 4 mm.

Fuente: (Cedal, 2018).

**Acrílico:** se usó para la elaboración de las rejillas por su fácil modelado, estética visual (ver figura 2.21) y capacidad de soporte a la intemperie.

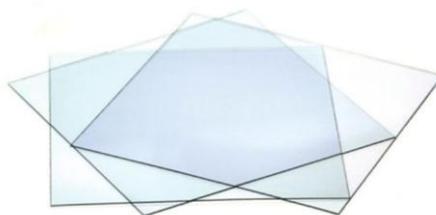


Figura 2.21: Acrílico.

Fuente: (Acriplus, 2018).

**Silicona:** silicona sikasil-E transparente (ver figura 2.22), se usó para sellar las juntas de los vidrios e impermeabilizar el modelo, evitando posibles fugas.



Figura 2.22: Silicona sikasil-E.

Fuente: (Sika, 2018).

**Perfil de aluminio:** perfil angular de 1/2" en color natural (ver figura 2.23), usado para dar mayor rigidez a los contenedores.



Figura 2.23: Perfil de aluminio de 1/2".

Fuente: (Ardisa, 2018).

**Caucho para ventanería:** empaque tipo U de caucho de 6 mm de espesor en color blanco (ver figura 2.24), usado para la realización de las compuertas conjuntamente

con los perfiles de aluminio. Es adherida por medio de silicona al perfil, formando un marco en el cual se introduce un vidrio simulando una compuerta manual. Se logra que no haya infiltraciones de agua y que los sistemas de captación puedan trabajar independientemente.



Figura 2.24: Empaque tipo U de 6mm de espesor.

Fuente: (Extrusiones, 2018).

### Sistema de almacenamiento

**Lámina de tol:** lámina de acero galvanizado (ver figura 2.25), cuya resistencia y dureza es mayor a la de cualquier otro tipo de recubrimiento, de fácil manipulación y modelado. Se elaboró el contenedor de almacenamiento y los recipientes de medición.



Figura 2.25: Lámina de acero galvanizado.

Fuente: (IPAC, 2018).

**Suelda:** con electrodos indura 90 AWS E-6013.

### Sistema de soporte

**Tablero de melamina:** tablero recubierto por una lámina decorativa (ver figura 2.26), cuyas dimensiones son: 1,60 x 0.90 metros, y un espesor de 1,6 centímetros.



Figura 2.26: Tablero de melamina.

Fuente: (Gamaduo, 2015).

**Tubos estructurales:** son de acero negro, cuyo perfil es rectangular (ver figura 2.27). Se usó para la estructura que contiene el modelo físico, así como también para la mesa de soporte.



Figura 2.27: Tubos estructurales de acero.

Fuente: (IPAC, 2018).

## 2.6 Fundamentos

El término genérico utilizado para las obras de captación, derivación o tomo en ríos es “bocatoma”. Por medio de esta estructura se puede derivar el caudal de diseño. (López, 1995)

A continuación, se detalla la formulación para los dos tipos de captaciones:

### Bocatoma de fondo

- Caudal de diseño: El caudal optimizado es de 1.2 l.p.s.
- Ancho del río: se determinó un ancho de 2.0 m.

**Diseño de la presa**

Se tomó un ancho de la presa inicial de 1.6 m.

La altura de la lámina de agua bajo las condiciones de diseño predispuestas se obtuvo con la ecuación:

$$Q = 1.84LH^{1.5} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Q= Caudal de diseño (0.12m<sup>3</sup>/seg)

L= Longitud del vertedero (1.6m)

H= Carga sobre la cresta del vertedero

Con el fin de determinar el valor de la lámina de agua despejamos H en la ecuación (1):

$$H = \left( \frac{Q}{1.84L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Reemplazando valores:

$$H = \left( \frac{0.12}{(1.84)(1.6)} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0.118 \text{ m}$$

Se realizó la corrección por las dos contracciones laterales:

$$L' = L - 0.1nH \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

L'= Longitud del vertimiento corregida (m)

L= Longitud del vertimiento (1.6m)

n= Número de contracciones laterales (2)

H= Carga sobre la cresta del vertedero (0.118m)

Reemplazando:

$$L' = 1.6 - (0.1)(2)(0.118)$$

$$L' = 1.58 \text{ m}$$

La velocidad sobre la presa se obtuvo de la ecuación:

$$V = \frac{Q}{L'H} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

V= Velocidad del río sobre la presa (m/seg)

Q= Caudal de diseño (0.12m<sup>3</sup>/seg)

L'=Longitud del vertimiento corregida (1.58m)

$$V = \frac{0.12}{(1.58)(0.118)}$$

$$V = 0.643 \text{ m/seg}$$

$$0.3\text{m/seg} < 0.643\text{m/seg} < 3.0 \text{ m/seg} \rightarrow \text{OK}$$

### Diseño de la rejilla y canal de aducción:

En la figura 2.28 se detalla cómo es la captación a través de la rejilla al canal de aducción.

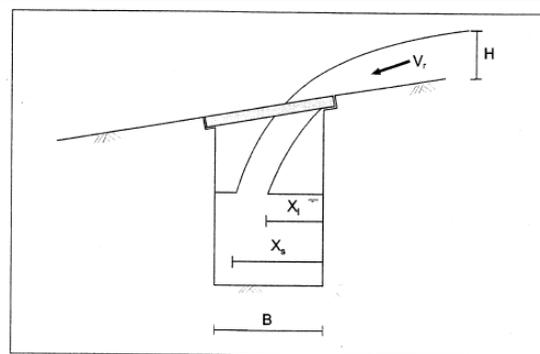


Figura 2.28: Captación a través de la rejilla al canal de aducción.

Fuente: (López, 1995)

Se utilizó la ecuación de alcance de chorro para calcular el ancho del canal de aducción:

$$Xs = 0.36Vr^{\frac{2}{3}} + 0.60H^{\frac{4}{7}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

Xs= Alcance filo superior

Vr= Velocidad del río (0.643m/seg)

H= Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (0.118m)

Reemplazando:

$$X_s = (0.36)(0.643)^{\frac{2}{3}} + (0.60)(0.118)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.445 \text{ m}$$

$$X_i = 0.18Vr^{\frac{4}{7}} + 0.74H^{\frac{3}{4}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$X_i$ = Alcance filo inferior (m)

$V_r$ = Velocidad del río (0.643m/seg)

$H$ = Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (0.118m)

Reemplazando:

$$X_i = (0.18)(0.643)^{\frac{4}{7}} + (0.74)(0.118)^{\frac{3}{4}}$$

$$X_i = 0.289 \text{ m}$$

$$B = X_s + 0.10 \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

$B$ = Ancho del canal de aducción (m)

$X_s$ = Alcance filo superior (0.445m)

Reemplazando:

$$B = 0.445 + 0.10$$

$$B = 0.545 \text{ m}$$

Se adopta un valor constructivo de 0.55 m para el ancho de la rejilla y el canal de aducción.

### Longitud de la rejilla y número de orificios

Se tomaron barras de ½", con una separación de 5 cm entre cada una y se supuso una velocidad de 0.2 m/seg; basándonos en estos datos se obtuvo:

$$An = \frac{Q}{0.9Vb} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

An= Área neta de la rejilla

Q= Caudal de diseño (0.12m<sup>3</sup>/seg)

Vb= Velocidad entre barrotes (0.20m/seg)

$$An = \frac{0.12}{(0.9)(0.20)}$$

$$An = 0.667 \text{ m}^2$$

$$An = \frac{a}{a+b}BLr \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

An= Área neta de la rejilla (0.667m<sup>2</sup>)

a= Separación entre barrotes (0.05m)

b= Diámetro de cada barrote (0.0127m)

B= Ancho del canal de aducción (0.55m)

Lr= Longitud de la rejilla

Despejamos Lr de la ecuación (8):

$$Lr = \frac{An(a + b)}{(a)(B)}$$

$$Lr = \frac{(0.667)(0.05 + 0.0127)}{(0.05)(0.55)}$$

$$Lr = 1.52 \text{ m}$$

Recalculando:

$$An = \frac{0.05}{0.05 + 0.0127} (0.55)(1.52)$$

$$An = 0.667 \text{ m}^2$$

Calculamos el número de orificios:

$$N = \frac{An}{a \times B} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

N= Número de orificios

An= Área neta de la rejilla (0.667m<sup>2</sup>)

a= Separación entre barrotes (0.05m)

B= Ancho de la rejilla (0.55m)

$$N = \frac{0.667}{(0.05)(0.55)}$$

$$N = 25 \text{ orificios}$$

Se adoptaron 25 orificios con una separación de 5cm entre sí; por lo que se recalculan las dimensiones de la rejilla:

$$An = aBN$$

$$An = (0.05)(0.55)(25)$$

$$An = 0.688 \text{ m}^2$$

$$Vb = \frac{Q}{0.9An}$$

$$Vb = \frac{0.12}{(0.9)(0.688)}$$

$$Vb = 0.194 \text{ m/s}$$

$$Lr = \frac{(0.688)(0.05 + 0.0127)}{(0.05)(0.55)}$$

$$Lr = 1.568 \text{ m}$$

Se tomó un valor constructivo para la longitud de la rejilla de 1.57 m.

Los niveles de agua en el canal de aducción son:

**Aguas abajo:**

$$h_e = h_c = \left( \frac{Q^2}{gB^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

$h_e$  = Profundidad aguas abajo

$h_c$  = Profundidad crítica

$Q$  = Caudal de diseño (0.12 m<sup>3</sup>/seg)

$g$  = Aceleración de la gravedad (9.81m/seg<sup>2</sup>)

$B$  = Ancho del canal de aducción (0.55m)

Reemplazando:

$$h_e = h_c = \left( \frac{(0.12)^2}{(9.81)(0.55)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_e = h_c = 0.786 \text{ m}$$

**Aguas arriba:**

$$L_{\text{canal}} = L_{\text{rejilla}} + \text{espesor del muro} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$L_{\text{canal}} = 1.57 + 0.30$$

$$L_{\text{canal}} = 1.87 \text{ m}$$

Se adoptó una pendiente,  $i=3\%$

$$h_o = \left[ 2(h_e)^2 + \left( h_e - \frac{iL_c}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} iL_c \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

$h_o$  = Profundidad aguas arriba

$h_e$  = Profundidad aguas abajo (0.786 m)

$i$  = Pendiente del fondo del canal (3%)

$L_c$  = Longitud del canal (1.87 m)

Reemplazando:

$$h_o = \left[ 2(0.786)^2 + \left( 0.786 - \frac{(0.03)(1.87)}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3}(0.03)(1.87)$$

$$h_o = 1.313 \text{ m}$$

**La altura total de los muros de aducción es:**

$$H_o = h_o + BL \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Donde:

H<sub>o</sub>= Profundidad aguas arriba del canal de aducción más lámina de agua

h<sub>o</sub>= Profundidad aguas arriba (1.313 m)

BL= Profundidad del canal de aducción (0.15m)

Reemplazando:

$$H_o = 1.313 + 0.15$$

$$H_o = 1.46 \text{ m}$$

$$H_e = H_o + iL_c \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Donde:

H<sub>e</sub>= Profundidad aguas abajo del canal de aducción más lámina de agua

H<sub>o</sub>= Profundidad aguas arriba del canal de aducción más lámina de agua (1.46 m)

i= Pendiente del fondo del canal (3%)

L<sub>c</sub>= Longitud del canal (1.87 m)

Reemplazando:

$$H_e = 1.46 + (0.03)(1.87)$$

$$H_e = 1.52 \text{ m}$$

La velocidad del agua al final del canal es:

$$V_e = \frac{Q}{B h_e} \quad \text{(Ecuación 16)}$$

Donde:

$V_e$ = Velocidad del canal al final del canal

$Q$ = Caudal de diseño (0.12 m<sup>3</sup>/seg)

$B$ = Ancho de la rejilla (0.55m)

$h_e$ = Profundidad aguas abajo (0.786m)

Reemplazando:

$$V_e = \frac{0.12}{(0.55)(0.786)}$$

$$V_e = 2.78 \text{ m/seg}$$

0.3m/seg < 2.78m/seg < 3.0 m/seg → OK

**Diseño de la cámara de recolección:**

En la figura 2.29 se detalla el corte de la cámara de recolección.

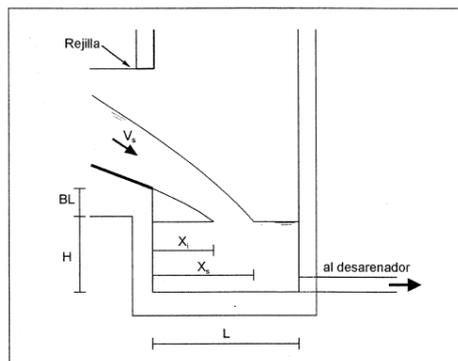


Figura 2.29: Corte de la cámara de recolección.

Fuente: (López, 1995)

$$X_s = 0.36V_e^{\frac{2}{3}} + 0.60h_e^{\frac{4}{7}} \quad \text{(Ecuación 17)}$$

Donde:

$X_s$ = Alcance filo superior

$V_e$ = Velocidad del canal al final del canal (2.78 m/seg)

$h_e$ = Profundidad aguas abajo (0.786m)

Reemplazando:

$$X_s = (0.36)(2.78)^{\frac{2}{3}} + (0.60)(0.786)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 1.234 \text{ m}$$

$$X_i = 0.18Ve^{\frac{4}{7}} + 0.74he^{\frac{3}{4}} \quad \text{(Ecuación 18)}$$

Donde:

$X_i$ = Alcance filo inferior

$V_e$ = Velocidad del canal al final del canal (2.78 m/seg)

$h_e$ = Profundidad aguas abajo (0.786m)

Reemplazando:

$$X_i = (0.18)(2.78)^{\frac{4}{7}} + (0.74)(0.786)^{\frac{3}{4}}$$

$$X_i = 0.94 \text{ m}$$

$$B \text{ cámara} = X_s + 0.30 \quad \text{(Ecuación 19)}$$

Donde:

$B$  cámara= Ancho de la cámara

$X_s$ = Alcance filo superior (1.234m)

$$B \text{ cámara} = 1.234 + 0.30$$

$$B \text{ cámara} = 1.53 \text{ m}$$

### Diseño de la captación lateral:

En la figura 2.30 se detalla cómo están ubicados los elementos de esta captación.

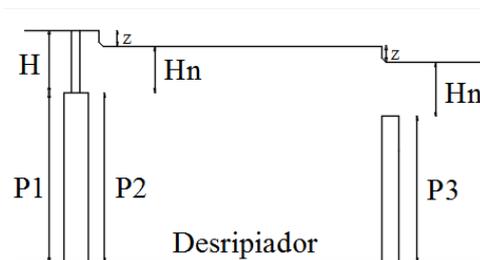


Figura 2.30: Detalle de la captación lateral.

Fuente: Autores

### Diseño de la rejilla

Se parte de la fórmula del gasto o caudal:

$$Q = ksM_o b H^{3/2} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

Q= gasto o caudal inicial (0,10 m<sup>3</sup>/s)

k= coeficiente de pérdida de la rejilla (0,85)

s= coeficiente de sumersión.

M<sub>o</sub>= coeficiente de descarga.

b= ancho efectivo de la rejilla.

H= altura de la carga de agua.

Donde el coeficiente de descarga es igual a:

$$M_o = \left[ 0,407 + \frac{0,045H}{H+P_1} \right] \left[ 1 + 0,285 \left( \frac{H}{H+P_1} \right)^2 \right] \sqrt{2g} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde:

H= altura de la carga de agua (0,30 m)

P<sub>1</sub>= altura del antepecho de la ventana (0,70 m)

g= gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Remplazando:

$$M_o = \left[ 0,407 + \frac{0,045 * 0,30}{0,30 + 0,70} \right] \left[ 1 + 0,285 \left( \frac{0,30}{0,30 + 0,70} \right)^2 \right] \sqrt{2 * 9,81}$$

$$M_o = 1,9104$$

La corrección por sumersión es igual a:

$$H_n = H - z \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde:

H= altura de la carga de agua (0,30 m)

z= pérdida de carga a través de la ventana (0.05)

Remplazando:

$$H_n = 0,30 - 0,05$$

$$H_n = 0,25 \text{ m.}$$

El coeficiente de sumersión es igual:

$$s = 1,05 \left[ 1 + 0,2 \frac{Hn}{P2} \right]^3 \sqrt{\frac{z}{H}} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

z= pérdida de carga a través de la ventana (0,05 m)

P2= altura del antepecho interior (0,70 m)

Hn= corrección por sumersión (0,25 m)

Remplazando:

$$s = 1,05 \left[ 1 + 0,2 \frac{0,25}{0,70} \right]^3 \sqrt{\frac{0,05}{0,30}}$$

$$s = 0,619$$

Para obtener el valor del ancho efectivo de la rejilla, hay que despejar la ecuación 20.

$$b = \frac{Q}{ksMoH^{3/2}}$$

Remplazando:

$$b = \frac{0,1}{0,85 * 0,619 * 1,9104 * 0,30^{3/2}}$$

$$b = 0,605 \text{ m.}$$

Para el número de espacio entre barrotes, se obtiene de la fórmula:

$$n = \frac{b}{s} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde:

b= ancho efectivo de la rejilla (0,605 m)

s= separación entre los barrotes (0,033 m)

Remplazando:

$$n = \frac{0,605}{0,033}$$

$$n = 18$$

Para calcular el número de barrotes se aplica con la fórmula:

$$\# \text{ barrotes} = n - 1 \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde:

n= número de espacios entre barrotes (18)

Remplazando:

$$\# \text{ barrotes} = 18 - 1$$

$$\# \text{ barrotes} = 17$$

El cálculo del ancho real de la reja, se obtiene mediante la fórmula:

$$B = b + (\# \text{ barrotes} * t) \quad (\text{Ecuación 26})$$

Donde:

b= ancho efectivo de la rejilla (0,605 m)

t= ancho de los barrotes (0,015)

Remplazando:

$$B = 0,605 + (17 * 0,015)$$

$$B = 0,86 \text{ m.}$$

Para un diseño conservador, se considera un porcentaje de obturación al ancho efectivo de la reja, cuya formulación viene dada por la expresión:

$$b' = b + (\% \text{ obstrucción} * b)$$

Donde:

b= ancho efectivo de la rejilla (0,605)

% de obturación= entre 10 y 40%, (20%)

Remplazando:

$$b' = 0,605 + (0,2 * 0,605)$$

$$b' = 0,73 \text{ m.}$$

Con el nuevo valor obtenido del ancho efectivo, recalculo el ancho real de la reja.

Número de espacio entre barrotes con la ecuación 24.

Donde:

$b'$  = ancho efectivo de la rejilla con el % de obturación.

$s$  = separación entre los barrotes (0,033 m)

Remplazando:

$$n = \frac{0,73}{0,033}$$

$$n = 23$$

Número de barrotes con la ecuación 25.

Remplazando:

$$\# \text{ barrotes} = 23 - 1$$

$$\# \text{ barrotes} = 22$$

El ancho real de la reja con la ecuación 26.

Remplazando:

$$B = 0,73 + (22 * 0,015)$$

$$B = 1,047 \text{ m.}$$

Con los valores obtenidos, se calcula un nuevo caudal  $Q'$  que será utilizado para los diseños de los elementos del desripiador. Utilizando la ecuación 20.

Remplazando:

$$Q' = 0,85 * 0,619 * 1,9104 * 0,73 * 0,30^{3/2}$$

$$Q' = 0,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Diseño del desripiador

Para el cálculo del ancho del vertedero de salida del desripiador se considera la misma formulación que para el ancho efectivo de la rejilla.

El coeficiente de descarga es igual a la ecuación 21:

$$M_o = \left[ 0,407 + \frac{0,045Hn}{Hn + P2} \right] \left[ 1 + 0,285 \left( \frac{Hn}{Hn + P2} \right)^2 \right] \sqrt{2g}$$

Donde:

$Hn$  = altura de la carga de agua (0,25 m)

$P2$  = altura del antepecho de la ventana (0,7 m)

$g$ = valor de la gravedad 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Remplazando:

$$M_o = \left[ 0,407 + \frac{0,045 * 0,25}{0,25 + 0,70} \right] \left[ 1 + 0,285 \left( \frac{0,25}{0,25 + 0,70} \right)^2 \right] \sqrt{2 * 9,81}$$

$$M_o = 1,892$$

La corrección por sumersión es igual a la ecuación 22:

$$Hn' = Hn - z$$

Donde:

$Hn$ = altura de carga de agua (0,25 m)

$z$ = pérdida de carga (0,05 m)

Remplazando:

$$Hn' = 0,25 - 0,05$$

$$Hn' = 0,20 \text{ m.}$$

El coeficiente de sumersión es igual a la ecuación 23.

$$s = 1,05 \left[ 1 + 0,2 \frac{Hn'}{P3} \right] \sqrt[3]{\frac{z}{Hn}}$$

Donde:

$z$ = pérdida de carga de agua (0,05 m)

$P3$ =altura del antepecho (0,5 m)

$Hn$ = altura de carga de agua (0,25 m)

$Hn'$ = corrección por sumersión (0,20 m)

Remplazando:

$$s = 1,05 \left[ 1 + 0,2 \frac{0,20}{0,50} \right] \sqrt[3]{\frac{0,05}{0,25}}$$

$$s = 0,663$$

EL ancho del vertedero de salida es igual a la ecuación 20.

$$b = \frac{Q'}{k_s M_o H_n^{3/2}}$$

Donde:

$Q'$  = gasto o caudal (0,12 m<sup>3</sup>/s)

$k$  = coeficiente de pérdida de la rejilla (0,85)

$s$  = coeficiente de sumersión (0,663)

$M_o$  = coeficiente de descarga (1,892)

$H_n$  = altura de la carga de agua (0,25 m)

Remplazando:

$$b = \frac{0,12}{0,85 * 0,663 * 1,892 * 0,25^{3/2}}$$

$$b = 0,90 \text{ m.}$$

La longitud del desripiador se obtiene mediante dos formas:

La primera es usando la fórmula:

$$L = \frac{B' - b}{2 \operatorname{tg} \alpha} \quad \text{(Ecuación 27)}$$

Donde:

$B'$  = ancho total de la rejilla (1,047 m)

$b$  = ancho del vertedero de salida del desripiador (0,90 m)

$\alpha = 12,5$

Remplazando:

$$L = \frac{1,047 - 0,90}{2 \operatorname{tg} 12,5}$$

$$L = 0,33 \text{ m.}$$

La segunda es en función del resalto sumergido:

$$L = 2,5(1,9y_2 - Y_1) \quad \text{(Ecuación 28)}$$

Donde:

$Y_1$  = calado contraído al pie del azud

$Y_2$  = profundidad o calado conjugado.

El valor de Y1 se realiza mediante iteraciones hasta lograr un valor igual de la siguiente expresión:

$$Y1 = \frac{q}{k\sqrt{2g(To-Y1)}} \quad \text{(Ecuación 29)}$$

Donde:

q= relación entre caudal y el ancho total de la reja.

$$q = \frac{Q'}{B} \quad \text{(Ecuación 30)}$$

Remplazando:

$$q = \frac{0,12}{1,047}$$

$$q = 0,115 \text{ m}^2/\text{s}.$$

To= altura desde el pie del vertedero hasta la superficie del nivel aguas arriba.

$$To = P2 + Hn + z \quad \text{(Ecuación 31)}$$

Remplazando:

$$To = 0,70 + 0,25 + 0,05$$

$$To = 1 \text{ m}.$$

K= valor de 0,95 para azud sin compuertas.

g= valor de la gravedad 9,81 m/s<sup>2</sup>.

Reemplazando y realizando iteraciones:

$$Y1 = \frac{0,115}{0,95\sqrt{2 * 9,81(1 - Y1)}}$$

$$Y1 = 0,02762 \text{ m}.$$

Para el valor de Y2 se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Y2 = \frac{Y1}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8q^2}{gY1^3}} - 1 \right) \quad \text{(Ecuación 32)}$$

Donde:

Y1= calado contraído al pie del azud (0,02762 m)

q= relación entre caudal y el ancho total de la reja (0,115 m<sup>2</sup>/s)

g= valor de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Remplazando:

$$Y2 = \frac{0,02762}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8 * 0,115^2}{9,81 * 0,02762^3}} - 1 \right)$$

$$Y2 = 0,2979 \text{ m.}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 28.

$$L = 2,5(1,9 * 0,2979 - 0,02762)$$

$$L = 1,34 \text{ m.}$$

La longitud del resalto, es el mayor valor obtenido de las dos formas.

$$L = 1,34 \text{ m.}$$

Para desfogar el agua de esta captación se dimensiona una cámara de recolección en base a las dimensiones del desripiador.

$$\text{Longitud} = 1,00 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho} = 0,97 \text{ m.}$$

$$\text{Alto} = 0,80 \text{ m.}$$

## 2.7 Instalación del modelo

En algunas ocasiones un ingeniero debe tomar decisiones a priori, dar soluciones factibles en base a requerimientos o especificaciones; sobre todo problemas ingenieriles.

Algunas veces, las soluciones pueden ser sencillas y fáciles de aplicar; pero existen otros cuyas soluciones pueden ser desconocidas y complejas. Por lo que se recurre a la modelación, que no es más que simular un fenómeno real, conceptualizando y simplificando en mayor o menor medida, para poder describir y cuantificar.

En el campo de la hidráulica la modelación se ha desarrollado desde tiempos antiguos, mediante pequeñas representaciones de estructuras y máquinas; sin

embargo, hace tiempo la experimentación hidráulica es llevada a cabo habitualmente ya sea en canales, tuberías, vertederos y presas.

Gracias a esta experimentación hidráulica se han desarrollado varios métodos basándose en el principio de similitud que permite realizar modelos a escala reducida en los que es posible predecir la conducta de una estructura o prototipo.

Se define como prototipo a la estructura en escala real y el sistema semejante reducido o simplificado se lo conoce como modelo.

Una vez construido el respectivo modelo se debe asegurar que cumplan con la mayor parte de las características del prototipo; es decir que debe existir una semejanza geométrica en cuanto a la forma y una semejanza cinemática y dinámica en cuanto a la funcionalidad (Sánchez del Pozo, 2017).

### **Similitud geométrica**

Se obtiene semejanza entre el prototipo y el modelo cuando las relaciones entre todas las dimensiones son iguales.

$$El = \frac{L_p}{L_m} \quad \text{(Ecuación 33)}$$

Donde:

El= Escala de longitudes

Lp= Longitud del prototipo

Lm=Longitud del modelo

### **Similitud cinemática**

Se basa en que las relaciones de las velocidades características del prototipo respecto a las propias del modelo son iguales (Chanson, 2002).

$$V = \frac{v_p}{v_m} \quad \text{(Ecuación 34)}$$

Donde:

V= Velocidad

Vp= Velocidad del prototipo

Vm= Velocidad del modelo

### Similitud dinámica

El cumplimiento de las condiciones de similitud geométrica, cinemática y de distribución de masas permite garantizar el paralelismo de todas las fuerzas involucradas en el problema y la razón constante y predeterminada de sus correspondientes módulos durante el período de observación del fenómeno (EIA, 2018).

Las condiciones para la semejanza dinámica completa se obtienen del segundo principio de Newton  $\Sigma F=ma$ . La relación existente entre las fuerzas del prototipo y el modelo es:

$$\frac{\text{Sumatoria Fuerzas modelo}}{\text{Sumatoria Fuerzas prototipo}} = \frac{m_m \cdot a_m}{m_p \cdot a_p} \quad (\text{Ecuación 35})$$

Donde:

$m_m$ = Masa del modelo

$a_m$ =Aceleración del modelo

$m_p$ =Masa del prototipo

$a_p$ =Aceleración del prototipo

Se diseñan los elementos de cada tipo de captación con datos reales haciendo que cumpla con todas las condiciones de diseño; con las dimensiones ya existentes del prototipo procedemos a escalar el modelo.

La escala para pasar el prototipo de las captaciones a modelo es de 1:6,67; el valor de esta escala tiene la finalidad de limitar el caudal que circula por el modelo a 1 litro por segundo.

Captación de fondo:

En la tabla 2.1 se detalla las dimensiones del prototipo y las del modelo con su respectiva escala.

Tabla 2.1: Dimensiones escaladas de la captación de fondo

		Prototipo	Modelo
Presa	Caudal	0,12 m <sup>3</sup> /s	1 l/s
	Longitud del vertedero(m)	1,6	0,24
Rejilla	Ancho (m)	0,55	0,08
	Longitud (m)	1,57	0,24
Canal de aducción	Altura (m)	1,52	0,23
	Ancho (m)	0,55	0,08
	Longitud (m)	1,57	0,24
Cámara de recolección	Ancho (m)	1,53	0,23
	Largo (m)	1,47	0,22
	Altura (m)	1,73	0,26

Fuente: Autores.

Captación lateral:

En la tabla 2.2 se detalla las dimensiones del prototipo y las del modelo con su respectiva escala.

Tabla 2.2: Dimensiones escaladas de la captación lateral.

		Prototipo	Modelo
Rejilla	Caudal	0,1 m <sup>3</sup> /s	0,9 l/s
	Alto (m)	0.3	0,45
	Ancho (m)	1,047	0,158
Desripiador	Caudal	0,12 m <sup>3</sup> /s	1 l/s
	Ancho vertedero de salida (m)	0,90	0,14
	Longitud (m)	1,35	0,21
Cámara de recolección	Ancho (m)	0,97	0,14
	Largo (m)	1	0,15
	Altura (m)	0,8	0,12

Fuente: Autores.

## 2.8 Procedimiento y puesta en funcionamiento

### 2.8.1 Procedimiento:

El procedimiento para la implantación del experimento es el siguiente:

1. Con el fin de que el modelo tenga una altura accesible, se implementa un sistema de soporte que asemejen a una mesa; formado por una estructura metálica y un tablero de melamina con dimensiones detalladas en las especificaciones (ver figura 2.31).



Figura 2.31: Soporte metálico y tablero de melamina.

Fuente: Autores.

2. Instalación del soporte con los tubos metálicos 40x20x0,2; se considera una pendiente del 3% (ver figura 2.32), que asemejen el lecho de un río para la correcta funcionalidad de los elementos de cada captación.



Figura 2.32: Soporte metálico con 3% de pendiente.

Fuente: Autores.

3. Con las medidas detalladas en los planos, se realiza el respectivo corte y pegado de los vidrios (ver figura 2.33), de cada uno de los elementos de las captaciones.



Figura 2.33: Contenedores de vidrio.

Fuente: Autores.

4. Con los contenedores de vidrio ya armados, se ensambla en el soporte metálico, para pegarlos entre sí y hacer una estructura rígida. Para lograr una mayor estabilidad, entre la estructura y los contenedores se coloca secciones de triplex (ver figura 2.34).

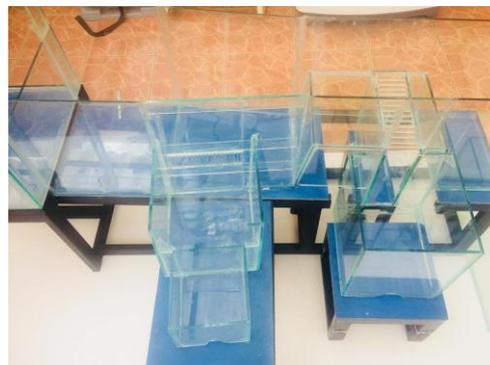


Figura 2.34: Triplay de color azul entre los contenedores y el soporte metálico.

Fuente: Autores.

5. Para garantizar la unión de los contenedores, se acopla perfiles tipo ángulo de  $\frac{1}{2}$ " (ver figura 2.35).



Figura 2.35: Acople de perfiles tipo ángulo.

Fuente: Autores.

6. Con el fin de que la captación lateral y de fondo trabajen independientemente, se acopla una compuerta en la rejilla de fondo (ver imagen 2.36) y en la rejilla lateral (ver figura 2.37).



Figura 2.36: Compuerta para la rejilla de fondo.

Fuente: Autores.



Figura 2.37: Compuerta para la rejilla lateral.

Fuente: Autores.

7. Se coloca la respectiva tubería en los contenedores de la cámara de recolección, con el objetivo de trasladar el agua hacia el tanque de almacenamiento final, para la recirculación del agua (ver figura 2.38)



Figura 2.38: Tubería de desfogue para las dos captaciones.

Fuente: Autores.

8. Como el agua debe de recircular, se implementa el sistema de recirculación del agua (ver figura 2.39), desde el tanque de almacenamiento final hasta el tanque de almacenamiento inicial.



Figura 2.39 Instalación del sistema de recirculación del agua.

Fuente: Autores.

9. Con todos los elementos ya ensamblados se obtiene el modelo definitivo de la captación lateral y de fondo (ver figura 2.40).



Figura 2.40 Modelo ya ensamblado completamente.

Fuente: Autores.

### 2.8.2 Puesta en funcionamiento:

- Se llena de agua el tanque de almacenamiento final, hasta una altura de 35 cm, con el fin de que la bomba de agua de 2 HP quede cebada y no absorba aire.
- Al encender la bomba empieza la recirculación del agua hacia el tanque inicial, pasando el flujo por una llave de paso, que tiene que estar abierta, en la que se regula el caudal que va a entrar al tanque.
- El tanque inicial se llena hasta una altura de 20cm y empieza la circulación del caudal por los canales de la captación.

- Como el diseño del experimento consta de dos tipos de captaciones, éstas trabajan independientemente la una de la otra.

Para una correcta funcionalidad de los componentes del modelo, hay que tomar en cuenta las siguientes medidas de mantenimiento y precaución. En la tabla 2.3 y 2.4, se detalla las mismas.

Tabla 2.3: Mantenimiento de los componentes del modelo.

Componentes	Mantenimiento
Bomba	Mantener limpia la entrada y salida de la bomba.
	Retirar el polvo acumulado en ésta con ayuda de una brocha.
	Verificar que el ventilador está girando libremente.
	Verificar constantemente si existen fugas de agua.
Tubería PVC	Inspeccionar si existen fugas en el sistema de tubería y sus accesorios.
	Mantener limpia la tubería con agua a presión o productos químicos.
	En caso de haber fugas, reparar la tubería.
Vidrio claro y ácido	Realizar la limpieza de los vidrios por dentro y por fuera.
	Limpiarlos periódicamente con agua u otro producto no abrasivo.
	Para la limpieza usar una franela limpia y húmeda.
	Para su secado, usar una franela seca o papel periódico.
Acrílico	En caso de tener manchas, lavar con abundante agua.

	Lavar con una franela húmeda, no tiene que ser áspera.
Tanque de latón	Lavar con agua y cualquier tipo de detergente.
	En caso haber oxidación, lijar y fondearlo con pintura anticorrosiva.
Perfiles de aluminio	Se puede limpiar con agua u otro elemento libre de cloruros.
	Usar una franela húmeda para su limpieza.

Fuente: Autores.

Tabla 2.4: Precauciones de los componentes del modelo.

Componentes	Precauciones
Bomba	Cebiar la bomba antes de su respectivo uso.
	Evitar el contacto de la bomba con el agua.
	En caso de fallas eléctricas, desconectar la bomba.
	En caso de elevar la bomba, realizarlo de manera correcta con ayuda de una persona, ya que, debido a su peso, puede causar daños físicos.
Tubería PVC y acoples	No apoyarse sobre el sistema de circulación de agua.
	Al momento de realizar la práctica, observar que no haya objetos que puedan taponar la tubería.
	Trabajar con las presiones adecuadas para evitar daños en el sistema.

Vidrio claro y ácido	Evitar el contacto con piedras u hormigones.
	Evitar productos de limpieza muy alcalinos.
	No apoyarse sobre los vidrios.
	Para su limpieza, hacerlo en un lugar con sombra.
Acrílico	No apoyarse sobre el acrílico, es frágil.
	No exponerlo a temperaturas elevadas.
Tanque de latón	Hay que vaciarlo una vez realizada la práctica, para evitar posibles corrosiones.
	Debe estar ubicado en un lugar con sombra, no a altas temperaturas.
Perfiles de aluminio	No estar expuestos a temperaturas elevadas.
	Evitar el contacto con productos que contengan cloro.

Fuente: Autores.

## 2.9 Validación

Con el modelo ya implementado, se realizan las respectivas pruebas de validación.

Para el cálculo del caudal se considera la fórmula volumétrica:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{(Ecuación 36)}$$

Donde:

Q= caudal (m<sup>3</sup>/segundos)

V=volumen (m<sup>3</sup>)

t= tiempo (segundos)

Con la ayuda de un cronómetro se toma el tiempo de llenado de los recipientes, éstos son de 2 litros para el canal y de 1,5 litros para los sistemas de captación lateral y de fondo.

**Primera prueba:** Se cierra todo el sistema con las compuertas implementadas en el modelo, para tomar los tiempos de llenado del recipiente de 2 litros en las posiciones de abertura de la llave de paso, que son de 20, 30 y 45° respectivamente. Para cada posición de la llave, se toma una muestra de 5 tiempos, obteniendo así un valor de caudal promedio de todo el modelo. En la tabla 2.5 se detalla los valores obtenidos de esta primera prueba.

Tabla 2.5: Primera prueba, sistema de compuertas cerradas.

SISTEMA DE COMPUERTAS CERRADO													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	2	11.64	11.08	11.1	11.06	10.93	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
2	30	2	3.68	3.58	3.55	3.47	3.62	0.54	0.56	0.56	0.58	0.55	0.56
3	45	2	1.41	1.37	1.44	1.56	1.6	1.42	1.46	1.39	1.28	1.25	1.36

Fuente: Autores.

**Segunda prueba:** Se retira la compuerta de tapa la rejilla de la captación de fondo, permitiendo el paso del agua por el canal y por el sistema de captación de fondo.

Hay que tomar las 5 muestras de tiempo de llenado de agua en el canal en las 3 posiciones de la llave (20, 30 y 45°), con el recipiente de 2 litros, en la tabla 2.6 se detalla los valores de tiempos y caudales.

En la tabla 2.7 se muestran los valores de las muestras para el caso del sistema de captación de fondo, al ser el desfogue agua una tubería pequeña, utilizamos el recipiente de 1,5 litros.

Con los datos de los caudales del sistema de captación de fondo y del canal, se procede a calcular el porcentaje de variación. En la tabla 2.8 se presentan los valores obtenidos.

Tabla 2.6: Segunda prueba, caudal del canal con el sistema de captación de fondo abierto.

COMPUERTA DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE FONDO ABIERTA (Q CANAL)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	2	32.63	32.72	32.7	34.51	34.7	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
2	30	2	5.63	5.68	5.6	6.03	6	0.36	0.35	0.36	0.33	0.33	0.35
3	45	2	7.8	6.9	6.77	6.94	7.1	0.26	0.29	0.30	0.29	0.28	0.28

Fuente: Autores.

Tabla 2.7: Segunda prueba, caudal del sistema de captación de fondo.

COMPUERTA DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE FONDO ABIERTA (Q FONDO)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	1.5	13.33	12.93	13.21	13.36	12.88	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11
2	30	1.5	6.26	6.64	6	6.21	6.3	0.24	0.23	0.25	0.24	0.24	0.24
3	45	1.5	1.88	1.73	1.21	1.3	1.45	0.80	0.87	1.24	1.15	1.03	1.02

Fuente: Autores.

Tabla 2.8: Porcentaje de los caudales en el sistema de captación de fondo.

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE FONDO ABIERTO						
POSICIÓN	GRADOS	CAUDAL TOTAL (lt/s)			(%)	
		Q CANAL	Q FONDO	TOTAL	PORCENTAJE Q. CANAL.	PORCENTAJE Q. FONDO
1	20	0.06	0.11	0.17	34%	66%
2	30	0.35	0.24	0.58	59%	41%
3	45	0.28	1.02	1.30	22%	78%

Fuente: Autores

**Tercera prueba:** Con las pruebas del sistema de captación ya realizadas, se procede a limpiar el agua del modelo, y se realiza la toma de los tiempos con todo el sistema de compuertas cerrado, tal como la primera prueba. En la tabla 2.9 se presentan los valores obtenidos.

Tabla 2.9: Sistema de compuertas cerrado.

SISTEMA DE COMPUERTAS CERRADO													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	2	11.64	11.08	11.1	11.06	10.93	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
2	30	2	3.68	3.58	3.55	3.47	3.51	0.54	0.56	0.56	0.58	0.57	0.56
3	45	2	1.41	1.37	1.44	1.56	1.51	1.42	1.46	1.39	1.28	1.32	1.37

Fuente: Autores.

**Cuarta prueba:** Se retira la compuerta de tapa la rejilla de la captación lateral, permitiendo el paso del agua por el canal y por el sistema de captación lateral.

Hay que tomar las 5 muestras de tiempo de llenado de agua en el canal en las 3 posiciones de la llave (20, 30 y 45°), con el recipiente de 2 litros, en la tabla 2.10 se detalla los valores de tiempos y caudales.

En la tabla 2.11 se muestran los valores de las muestras para el caso del sistema de captación lateral, al ser el desfogue agua una tubería pequeña, se utiliza el recipiente de 1,5 litros.

Con los datos de los caudales del sistema de captación lateral y del canal, se procede a calcular el porcentaje de variación. En la tabla 2.12 se presentan los valores obtenidos.

Tabla 2.10: Cuarta prueba, caudal del canal con el sistema de captación lateral abierto.

SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTO (Q CANAL)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	2	20.54	20.49	20.76	21.06	20.96	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10
2	30	2	11.41	11.54	12.14	11.91	12.10	0.18	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17
3	45	2	3.1	2.39	2.66	2.5	2.45	0.65	0.84	0.75	0.80	0.82	0.77

Fuente: Autores.

Tabla 2.11: Cuarta prueba, caudal del sistema de captación lateral.

SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTO (Q LATERAL)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	1.5	19.08	18.41	19.53	18.8	18.8	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
2	30	1.5	4.17	4.03	3.93	3.62	4.10	0.36	0.37	0.38	0.41	0.37	0.38
3	45	1.5	3.06	3	3.11	3.05	2.92	0.49	0.50	0.48	0.49	0.51	0.50

Fuente: Autores.

Tabla 2.12: Porcentaje de los caudales en el sistema de captación lateral.

SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTO						
POSICIÓN	GRADOS	CAUDAL TOTAL (lt/s)			PORCENTAJE (%)	
		Q CANAL	Q LATERAL	TOTAL	PORCENTAJE Q CANAL	PORCENTAJE Q. LAT.
1	20	0.10	0.08	0.18	55%	45%
2	30	0.169	0.379	0.548	31%	69%
3	45	0.77	0.50	1.27	61%	39%

Fuente: Autores.

## CAPÍTULO III

### 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

#### 3.1 Ensayo de captación de fondo

##### 3.1.1 Objetivo

Medir el caudal total del sistema de captación por medio del método volumétrico.

Medir el caudal captado en la rejilla de fondo.

Realizar una comparación de proporciones para determinar la efectividad de la captación de fondo.

##### 3.1.2 Alcance

El modelo físico permite que los estudiantes experimenten y logren comprender de una forma didáctica los conceptos básicos sobre las captaciones de fondo; a su vez despierta el interés por las materias relacionadas con la hidráulica.

##### 3.1.3 Definiciones

**Hidráulica:** es una rama de la física que estudia la mecánica de los fluidos; analiza las leyes que rigen el movimiento de los líquidos y las técnicas para mejorar el aprovechamiento de las aguas (Aldemar Suarez, et al., 2007).

**Captación:** estructura hidráulica destinada a derivar de un curso de agua parte de ésta para ser utilizada con un fin específico (Pérez de la Cruz, 2011).

**Modelo:** corresponde a un sistema que simula un objeto real llamado prototipo, mediante la entrada de cierta información se procesa y se presenta adecuada para emplearse en el diseño y operación de obras de ingeniería civil. Un modelo físico a escala reducida es una representación a escala del objeto real o prototipo, y cumple condiciones matemáticas definidas (EIA, 2018).

**Canal:** son conductos en los que el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera (Pérez , 2012).

### 3.1.4 Instrumentos

Los instrumentos requeridos para el ensayo son:

- Modelo Físico de Captaciones, incluye el sistema de almacenamiento y recirculación de agua.
- Recipientes de 2 y 1.5 litros.
- Guía metodológica
- Ficha de resultados
- Cronómetro
- Calculadora

### 3.1.5 Metodología

Para la elaboración de la práctica se realizará el siguiente procedimiento indicado en cada uno de los puntos:

1. Asegurarse que la unión universal que conecta la bomba y el tanque de almacenamiento se encuentre debidamente ajustada para evitar posibles pérdidas de agua (ver figura 3.1).



Figura 3.1: Ajuste de la unión universal.

Fuente: Autores.

2. Llenar el tanque de almacenamiento hasta que alcance los 40 cm; fijarse en la regleta ubicada en el mismo (ver figura 3.2)



Figura 3.2: Nivel del tanque de almacenamiento final.

Fuente: Autores.

3. Llenar el cajón de almacenamiento de entrada, hasta que alcance los 20 cm de agua; fijarse en la regleta (ver figura 3.3).



Figura 3.3: Nivel de llenado del tanque inicial.

Fuente: Autores.

4. Conectar la bomba a un tomacorriente de 110 voltios, evitar que el cableado no tenga contacto con el agua (ver figura 3.4).



Figura 3.4: Conexión de la bomba.

Fuente: Autores.

5. Cerrar la llave de paso que conecta la bomba con el sistema de captación (ver figura 3.5).



Figura 3.5: Llave cerrada completamente.

Fuente: Autores.

6. Encender la bomba durante diez segundos y luego apagarla; esto permitirá que la bomba esté cebada y pueda funcionar a la potencia deseada (ver figura 3.6).



Figura 3.6: Encender la bomba.

Fuente: Autores.

7. Colocar la compuerta para cerrar la captación lateral (ver figura 3.7).



Figura 3.7: Cierre de la compuerta lateral.

Fuente: Autores.

8. Colocar la compuerta para cerrar la captación de fondo (ver figura 3.8).



Figura 3.8: Cierre de la compuerta de fondo.

Fuente: Autores.

9. Abrir la llave de paso al sistema de captación (ver figura 3.9).



Figura 3.9: Abrir la llave del sistema de recirculación.

Fuente: Autores.

10. Encender la bomba y dejar que el modelo físico empiece a funcionar, esperar durante 2 minutos a que se estabilice (ver figura 3.10).



Figura 3.10: Puesta a funcionar con las compuertas cerradas.

Fuente: Autores.

11. Regular la llave a la posición 1, a los  $20^\circ$  (ver figura 3.11), y proceder a tomar los tiempos para el canal con el recipiente de 2 litros. (ver figura 3.12)



Figura 3.11: Llave en la posición 1 ( $20^\circ$ ).

Fuente: Autores.



Figura 3.12: Toma del tiempo de llenado del recipiente de 2 litros.

Fuente: Autores.

12. Llenar la ficha de resultados correspondientes a “SISTEMA DE COMPUERTAS COMPLETAMENTE CERRADAS”
13. Repetir el proceso 11 y 12 para la posición 2 (a los 30°) y 3 (a los 45°) de la llave.
14. Retirar la compuerta de captación de fondo dejando la rejilla al descubierto (ver figura 3.13).



Figura 3.13: Rejilla de fondo abierta.

Fuente: Autores.

15. Regular la llave a la posición 1, es decir a los  $20^\circ$  (ver figura 3.14), y proceder a llenar los recipientes y tomar los tiempos, para el canal con el recipiente de 2 litros (ver figura 3.15) y para la captación de fondo con el recipiente de 1,5 litros. (ver figura 3.16)



Figura 3.14: Llave en la posición 1( $20^\circ$ ).

Fuente: Autores.

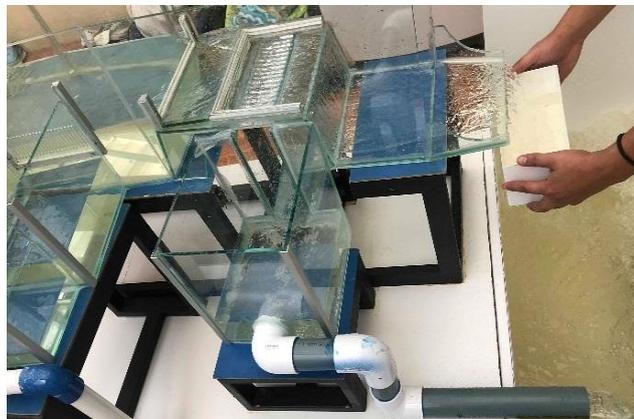


Figura 3.15: Llenado del recipiente de 2 litros en el canal.

Fuente: Autores.

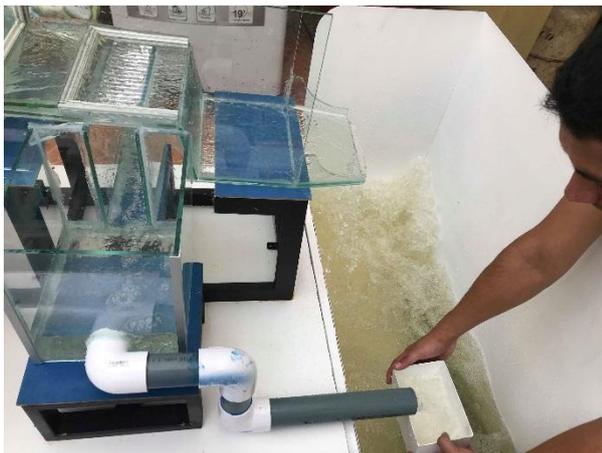


Figura 3.16: Llenado del recipiente de 1,5 litros en el sistema de captación de fondo.

Fuente: Autores.

16. Regular la llave de paso a la posición 2 (30°) y posteriormente a la posición 3 (45°). Tomar los tiempos de llenado tanto para el canal como para la captación de fondo, tal como el procedimiento 15. Para la toma de tiempos es recomendable realizarlos en una hoja borrador para luego completar la ficha.
17. Llenar la ficha de resultados correspondiente a “COMPUERTA DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE FONDO ABIERTA”
18. Realizar los cálculos requeridos para encontrar el caudal y completar la ficha de resultados

SUGERENCIA: Una vez realizada la práctica vaciar el modelo físico.

### 3.1.6 Cálculos

Se utiliza la ecuación 36:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q= caudal (m<sup>3</sup>/segundos)

V=volumen (m<sup>3</sup>)

t= tiempo (segundos)

### 3.1.7 Resultados

Tabla 3.1: Cap. Fondo, tabla del sistema de compuertas cerrado

SISTEMA DE COMPUERTAS CERRADO													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	2											
2	30	2											
3	45	2											

Fuente: Autores.

Tabla 3.2: Cap. Fondo, caudal del canal.

COMPUERTA DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE FONDO ABIERTA (Q CANAL)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	2											
2	30	2											
3	45	2											

Fuente: Autores.

Tabla 3.3: Cap. Fondo, caudal del sistema de captación.

COMPUERTA DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE FONDO ABIERTA (Q FONDO)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	1.5											
2	30	1.5											
3	45	1.5											

Fuente: Autores.

Tabla 3.4: Cap. Fondo, porcentaje de los caudales.

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE FONDO ABIERTO						
POSICIÓN	GRADOS	CAUDAL TOTAL (lt/s)			(%)	
		Q CANAL	Q FONDO	TOTAL	PORCENTAJE Q. CANAL.	PORCENTAJE Q. FONDO
1	20					
2	30					
3	45					

Fuente: Autores.

## 3.2 Ensayo de captación lateral

### 3.2.1 Objetivo

Medir el caudal total del sistema de captación por medio del método volumétrico.

Medir el caudal captado en la rejilla lateral.

Realizar una comparación de proporciones para determinar la efectividad de la captación lateral.

### 3.2.2 Alcance

El modelo físico permite que los estudiantes experimenten y logren comprender de una forma didáctica los conceptos básicos sobre las captaciones de fondo; a su vez despierta el interés por las materias relacionadas con la hidráulica.

### 3.2.3 Definiciones

**Reja de entrada:** El agua se capta por medio de un orificio que se encuentra en una de las orillas. Este orificio está provisto de barrotes verticales que impiden la entrada de material flotante y de piedras mayores a los espacios entre sí mismo (Krochin, 1982).

**Desripiador:** Después de la reja de entrada se acostumbra dejar una cámara que se llama desripiador y que sirve para detener las piedras que alcanzaron a pasar entre los barrotes y que no deben entrar al canal (Krochin, 1982).

**Vertedero:** Es una simple abertura sobre la cual fluye un líquido, los vertederos pueden clasificarse de distintas maneras, según su forma, el espesor de la pared o el número de contracciones laterales. Por su facilidad de construcción los más utilizados son los rectangulares y triangulares (López, 1995).

### 3.2.4 Instrumentos

Los instrumentos requeridos para el ensayo son:

- Modelo Físico de Captaciones, incluye el sistema de almacenamiento y recirculación de agua.
- Recipientes de 2 y 1.5 litros.
- Guía metodológica
- Ficha de resultados
- Cronómetro
- Calculadora

### 3.2.5 Metodología

Para la elaboración de la práctica se realizará el siguiente procedimiento indicado en cada uno de los puntos:

Se realiza el procedimiento de la captación de fondo de los pasos 1 al 13.

14. Retirar la compuerta de captación de lateral, dejando la rejilla al descubierto (ver figura 3.17).

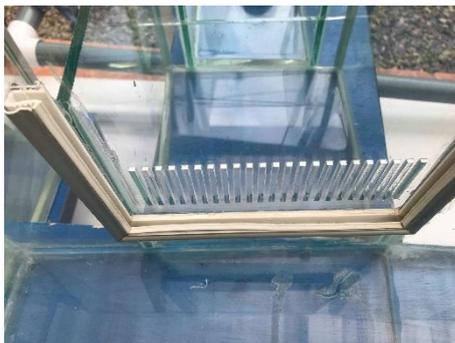


Figura 3.17: Compuerta de la rejilla lateral abierta.

Fuente: Autores.

15. Regular la llave a la posición 1, es decir a los  $20^\circ$  (ver figura 3.18), proceder a llenar los recipientes y tomar los tiempos, para el canal se utiliza el recipiente de 2 litros (ver figura 3.19) y para la captación de lateral el recipiente de 1,5 litros. (ver figura 3.20).



Figura 3.18: Llave en la posición 1 ( $20^\circ$ ).

Fuente: Autores.



Figura 3.19: Llenado del recipiente de 2 litros en el canal.

Fuente: Autores.

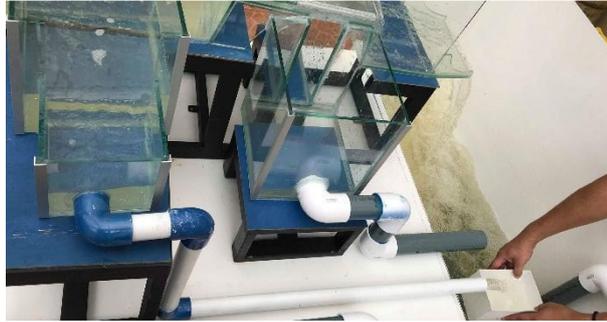


Figura 3.20: Llenado del recipiente de 1,5 litros en el sistema de captación lateral.

Fuente: Autores.

16. Regular la llave de paso a la posición 2 (30°) y posteriormente a la posición 3 (45°). Tomar los tiempos de llenado tanto para el canal como para la captación lateral, tal como el procedimiento 15. Para la toma de tiempos es recomendable realizarlos en una hoja borrador para luego completar la ficha.
17. Llenar la ficha de resultados correspondiente a “COMPUERTA DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTA”
18. Realizar los cálculos requeridos para encontrar el caudal y completar la ficha de resultados.

### 3.2.6 Cálculos

Se aplica la ecuación 36:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q= caudal (m<sup>3</sup>/segundos)

V=volumen (m<sup>3</sup>)

t= tiempo (segundos)

### 3.2.7 Resultados

Tabla 3.5: Cap. Lateral, tabla del sistema de compuertas cerrado

SISTEMA DE COMPUERTAS CERRADO													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	2											
2	30	2											
3	45	2											

Fuente: Autores.

Tabla 3.6: Cap. Lateral, caudal del canal.

SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTO (Q CANAL)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	2											
2	30	2											
3	45	2											

Fuente: Autores.

Tabla 3.7: Cap. Lateral, caudal del sistema de captación.

SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTO (Q LATERAL)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					
			M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	Q Prom (lt/s)
1	20	1.5											
2	30	1.5											
3	45	1.5											

Fuente: Autores.

Tabla 3.8: Cap. Lateral, porcentaje de los caudales.

SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTO						
POSICIÓN	GRADOS	CAUDAL TOTAL (lt/s)			PORCENTAJE (%)	
		Q CANAL	Q LATERAL	TOTAL	PORCENTAJE Q CANAL	PORCENTAJE Q. LAT.
1	20					
2	30					
3	45					

Fuente: Autores.

### 3.3 Elaboración de guías para la realización de ensayo

#### 3.3.1 Ensayo de captación de fondo

	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	PRÁCTICA DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS											
	FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	ALUMNO (A): _____											
	INGENIERÍA CIVIL	FECHA: ____/____/____ GRUPO <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>											
<b>PRÁCTICA DE LABORATORIO N°</b> <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>		<b>NOTA:</b> <input style="width: 60px; height: 40px; border: 1px solid black;" type="text"/>											
<b>I. OBJETIVOS:</b>													
Encontrar el caudal mediante el método volumétrico. Dominar los conceptos referentes a captaciones.													
<b>II. MATERIALES:</b>													
Modelo físico	Cronómetro												
Recipientes	Calculadora												
Guía Metodológica													
<b>III. FORMULACIÓN:</b>													
$Q = \frac{V}{t}$	Q= caudal (lt/s) V= volumen (lt) t= tiempo (s)												
<b>IV. FUNDAMENTO TEÓRICO:</b>													
El agua se capta a través de una rejilla colocada en la parte superior de la presa, que a su vez se dirige en el sentido normal de la corriente. El ancho de esta presa puede ser igual o menor que el ancho del canal o río a captar.													
<b>V. RESULTADOS:</b>													
Escribir los resultados obtenidos en la realización de la práctica.													
SISTEMA CERRADO													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					Q Prom. (lt/s)
			MUESTRA A1	MUESTRA A2	MUESTRA A3	MUESTRA A4	MUESTRA A5	MUESTRA A1	MUESTRA A2	MUESTRA A3	MUESTRA A4	MUESTRA A5	
1	30	2											
2	45	2											
3	60	2											
4	90	2											
SISTEMA DE CAPTACIÓN DE FONDO ABIERTO (Q CANAL)													
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					Q Prom. (lt/s)
			MUESTRA A1	MUESTRA A2	MUESTRA A3	MUESTRA A4	MUESTRA A5	MUESTRA A1	MUESTRA A2	MUESTRA A3	MUESTRA A4	MUESTRA A5	
1	30	2											
2	45	2											
3	60	2											
4	90	2											





SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTO (Q LATERAL)														
POSICIÓN	GRADOS	VOLUMEN	TIEMPO (s)					CAUDAL (lt/s)					Q Prom. (lt/s)	
			MUESTR A 1	MUESTR A 2	MUESTR A 3	MUESTR A 4	MUESTR A 5	MUESTR A 1	MUESTR A 2	MUESTR A 3	MUESTR A 4	MUESTR A 5		
1	20	15												
2	30	15												
3	45	15												

SISTEMA DE CAPTACIÓN LATERAL ABIERTO						
POSICIÓN	GRADOS	CAUDAL TOTAL (lt/s)			PORCENTAJE (%)	
		Q CANAL	Q LATERAL	TOTAL	PORCENTAJE EQ CA.	PORCENTAJE O. LAT.
2	20					
3	30					
4	45					

**VI. PREGUNTAS:**

¿Qué es captación lateral?

Al incrementar el diámetro de desfogue de la captación, ¿afectaría la variación del caudal?. Explique su respuesta.

¿Cuál es la finalidad de las compuertas móviles ubicadas en cada tipo de captación?

¿Cuál es el porcentaje de captación de fondo respecto al caudal total del cauce del canal?

**VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

DOCENTE/ TÉCNICO DOCENTE

FIRMA ESTUDIANTE

## CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo de titulación, se elaboró el modelo físico y la guía metodológica para la práctica *captaciones laterales y de fondo* correspondientes a la asignatura de Mecánica de Fluidos.

Se investigó los componentes de la *captación de fondo y lateral*, los cuales se describen en el capítulo I, al igual que las fórmulas de cálculo y las principales variables.

Con base al estudio realizado anteriormente se diseñó el experimento y se puso en marcha de acuerdo a los parámetros establecidos. Este modelo se realizó con materiales fáciles de conseguir en la zona a medida que si existiera algún daño, pueda ser de fácil reparación.

Se elaboró las guías de estudio para cada uno de los ensayos, las mismas que presentan un formato sumamente manejable y óptimo para la realización de la práctica, abarcando los aspectos más importantes y optimizando el tiempo empleado.

## RECOMENDACIONES

El modelo físico *captaciones* está acorde con las condiciones requeridas; en un futuro se pudiese emplear el mismo sistema en la creación de nuevas guías metodológicas.

Incentivar el buen uso del modelo físico *captaciones laterales y de fondo* para su correcto aprovechamiento y durabilidad.

Continuar con la elaboración de guías metodológicas respecto a la asignatura de Hidráulica, ya que la práctica es un método muy certero para no solo afianzar conocimientos adquiridos en clase sino también para despertar el interés del estudiante y futuro profesional.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Acriplus. (2018). *Acrílico*. México. Obtenido de <http://www.acriplus.com>
- Aldemar, J., Suarez, N., Garcia, L., & Vargas, H. (2007). *Hidráulica rama de la Física*. Colombia.
- Ardisa. (2018). *Perfiles de aluminio*. Colombia. Obtenido de [www.ardisa.com](http://www.ardisa.com)
- Arocha, S. (1977). *Abastecimientos de agua*. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Banco del perno. (2018). *Bomba hidráulica*. Cuenca, Ecuador.
- Cedal. (2018). *Aluminio y vidrio*. Ecuador. Obtenido de [www.cedal.com.ec](http://www.cedal.com.ec)
- Chanson, H. (2002). *Hidráulica del Flujo de Canales Abiertos*. México: Mcgraw-Hill.
- Cortés, E., & Iglesias, M. (2005). *Generalidades sobre la metodología de la investigación*. Ciudad del Carmen: Universidad Autónoma del Carmen.
- EIA. (2018). *Escuela de Ingeniería de Antioquia*. Colombia. Obtenido de <http://www.eia.edu.co>
- Electrofer. (2018). *Accesorios para tuberías*. Obtenido de <http://www.electrofer.com.ec>
- Extrusiones. (2018). *Empaques para ventanería*. Colombia. Obtenido de <http://www.extrusiones.com.co>
- Gamaduo. (2015). *Tablero de melamina*. Obtenido de <https://gamaduo.finsa.com>
- Gómez, J. (2017). *Diseño de la captación de una rejilla lateral*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- IPAC. (2018). *Tubos y láminas de acero*. Ecuador. Obtenido de <http://www.ipac-acero.com>
- Krochin, S. (1982). *Diseño Hidráulico*. Editorial Universitaria.
- López, R. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- López, A., & Tamayo, Ó. (2012). *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales*.
- Megaprofer. (2018). *Accesorios para tuberías*. Ecuador. Obtenido de <http://www.megaprofer.com>
- Moreno, J. (2004). *Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales*. Lima: OPS.

- Pérez , G. (2012). *Diseño hidráulico de canales*. Lima: Universida Nacional del Santa.
- Pérez de la Cruz, F. (2011). *Captación de aguas superficiales*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Plastidor. (2018). *Tubería de Pvc*. Ecuador. Obtenido de <http://www.plastidor.com>
- Proindupet. (2018). *Accesorio para tuberías*. Obtenido de <http://www.guimun.com>
- Sánchez del Pozo, E. V. (2017). *Modelación Hidráulica-Física de la captación del río Boquerón, proyecto de riego Cayambe-Pedro-Moncayo, en el laboratorio de hidráulica de la UCE*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Sika. (2018). *Silicona sikasil*. Ecuador. Obtenido de <http://www.ecu.sika.com>
- Tigre. (2018). *Accesorios para tuberías*. Ecuador. Obtenido de <http://www.tigre.com.ec>
- UC. (2018). *Guía para la realización de proyectos*. Universidad de Chile.