

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO A OBTENER:

INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE UN AFORADOR HIDROMÉTRICO EN LA ESTACIÓN BIOLÓGICA PINDO MIRADOR.

AUTOR(s):

CARRIÓN AREVALO JESSICA ALEJANDRA GREFA BONILLA ADRIANA CECILIA

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Dr. C. RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS

PUYO – ECUADOR 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme culminar con éxito este ciclo universitario lleno de retos y aprendizajes que me permitirá emprender nuevos rumbos en la vida como Ingeniera Ambiental, gracias por mantenerme en pie de lucha en momento difíciles.

A mis padres por nunca dejarme sola, por estar siempre a mi lado apoyándome en la buenas y en las malas. A mi madre Ligia Georgina Arevalo Encalada por la paciencia y amor incondicional que nos brinda a mis hermanos y a mí, por ser como dos gotas de agua te quiero mami. A mi padre Julio Ramiro Carrión León por ser una persona inigualable y nunca tener un no como respuesta, por brindarme su ayuda y no dejarse vencer por las dificultades en fin no hay palabras que abarquen lo agradecida que estoy por cuidar de mi hijo como uno de mis tesoros más preciados.

A mi hermano mayor Jhon Cristian Carrión Arevalo porque a pesar de que no somos los más expresivos es mí ejemplo a seguir, con un corazón muy noble. A mi hermano menor Brayan Ramiro Carrión Arevalo por el amor, la confianza y la paciencia de cuidar como un hermano a mi pequeño Anthony.

Con todo mi amor para mi compañero de vida Klever Fernando Taipe Mayorga por el amor y apoyo incondicional en este arduo camino que juntos agarrados de la mano buscaremos un mejor futuro. A mi hijo Anthony Josue Taipe Carrión por ser el motor que me impulsa a cursar grandes desafíos, gracias por comprender a tu corta edad que el amor que te tenemos es inexplicable.

A mis queridos suegros don Klever Taipe y doña Nury Mayorga por estar pendientes de mí en todo momento y brindarme su cariño, amor y palabras de aliento como una hija.

Finalmente agradezco a la Universidad Estatal Amazónica por la acogida que da a muchos estudiantes que venimos de otras provincias, a sus docentes en especial al tutor de este proyecto PhD. Ricardo Vinicio Abril Saltos por el apoyo que nos ofreció en el desarrollo de este proyecto y como no mencionar a mi amiga Adriana Cecilia Grefa Bonilla que hemos compartido momentos de alegrías, estrés, tristezas y sacrificios a lo largo de este ciclo que se cierra.

Jessica Alejandra Carrión Arevalo

Agradezco infinitamente a Dios por darme vida, salud y fortaleza durante todo el transcurso de mi carrera como Ingeniera Ambiental.

A mis queridos padrinos Hans y Ursula Köhler integrantes de la fundación Hilfe Fuer de Alemania por su confianza, apoyo económico, amor y por el interés que pusieron en mi para que mis sueños se hicieran realidad. Por lo que, aunque no los conociese físicamente siempre estuvieron en mi mente y corazón ayudándome a crecer como persona, mi más infinito agradecimiento a ustedes.

A mi madre Cecilia Bonilla pese a la distancia que nos encontramos te encargaste de ser la mejor madre y amiga quien con sus oraciones, amor, paciencia y consejos de perseverancia me ayudaste a no desmayar en momentos rigurosos, por lo que puedo decir que te amo con todo mi corazón y gracias por ser incondicional y decirme siempre una de las frases de aliento hija que "Dios te bendiga".

A mi hermana Mariela Diana Grefa B. por todo su apoyo moral, por acompañarme, guiarme y enseñarme que lo mejor es luchar por mis sueños he llegado a considerarte como el ser más maravilloso.

A mis hermanas menor Lastenia y Amparo por ser buenas consejeras en momentos de angustia, por confiar en mi decirme que lo mejor está por llegar y que siga adelante en mi vida como profesional.

A nuestro tutor PhD. Ricardo Abril por su paciencia, confianza, apoyo en brindarme sus conocimientos y experiencias durante la elaboración del proyecto de titulación.

A mi amiga Jessica Alejandra Carrión por brindarme su amistad, palabras de aliento y por ser muy perseverante en los estudios desde el momento en que la conocí, han permitido llegar a disfrutar de este momento más anhelado para las dos.

Adriana Cecilia Grefa Bonilla

DEDICATORIAS

Dedico este proyecto de titulación a Dios por guiar mis pasos con firmeza hacia este momento de mi graduación como Ingeniera Ambiental.

A mis padres por ser pilares fundamentales en mi vida, en mi desarrollo profesional y personal también por inculcarme valores para llegar a cumplir todos mis objetivos.

A mis hermanos por acompañarme en este recorrido, al amor de mi vida y mi pequeño hijo que son el motor de mi vida. Sin duda alguna a mis suegros por brindarme su espacio y hacerme sentir parte de su familia.

A mi amiga Adriana por emprender juntas este reto lleno de sudor y lágrimas para poder así decir lo logramos llegamos al final de la meta.

Jessica Alejandra Carrión Arevalo

A Dios por permitirme culminar con éxito y disfrutar de este maravilloso momento en mi vida como una profesional.

A mis queridos padrinos Hans y Ursula Köhler por estar siempre presentes durante mi trayecto estudiantil haciendo posible lograr mis metas propuestas. A mi madre María Cecilia Bonilla Masaquiza quien con su amor, paciencia y esfuerzo incondicional me brindó su apoyo moral y económico de manera absoluta.

A mi padre Moisés Alberto Grefa Tanguilla quien, aunque ya no esté presente fue mi ángel de superación durante el trayecto de mi carrera.

A mis hermanas Mariela, Lastenia, Amparo por ser el motor de mis sueños quienes con sus consejos en los momentos difíciles me demostraron que con dedicación y esfuerzo es posible llegar a mi meta.

A mi mejor amiga Jessica Carrión por estar juntas en este reto de elaborar el Proyecto de Titulación y por su amistad durante todo este tiempo.

Adriana Cecilia Grefa Bonilla

RESUMEN

El proyecto de investigación estuvo orientado a diseñar un aforador hidrométrico en la Estación Biológica Pindo Mirador. La metodología que se empleó se basó en métodos, herramientas y el software estadístico (HEC-HMS) versión 4.2.1.

Además, se determinó las características morfológicas de la cuenca, así como: área 6,4 km² de tamaño muy pequeño y exorreica, longitud del cauce 4,7 km², pendiente 0,078 y el tiempo de concentración 36 minutos a través del levantamiento de datos.

Así mismo se determinaron los caudales que registraría el aforador hidrométrico a 10 cotas o distancias en la pared de cemento donde se instalará el aforador hidrométrico (salida del abrevadero), obteniendo un caudal máximo de 18,5 m³/s cuando el flotador recorra 1,30 m y un caudal mínimo de 1,58 m³/s recorrerá con una cota de 0,14 m teniendo en cuenta el espejo de agua.

Finalmente se diseñó el aforador hidrométrico mediante el programa de AutoCAD versión Q.47.0.0, a través de las características morfológicas y parámetros que ayudaron a instalar el aforador hidrométrico las mismas que fueron el embalse con una área de 576 m², un resultado de pendiente de 0,02, en un tiempo de concentración de 36 minutos el mismo que ayudo a dar una estimación de caudal usando el coeficiente de rugosidad de n= 0.033 y al finalizar se desarrolló con todos estos datos obtenidos el modelamiento de hidrogramas.

PALABRAS CLAVES: caudal, precipitación, modelamiento, hidrométrico, morfología.

ABSTRACT

The research project was designed to design a hydrometric flowmeter at the Pindo Mirador

Biological Station. The methodology that was used was based on methods, tools and

statistical software (HEC-HMS) version 4.2.1.

In addition, the morphological characteristics of the basin were determined, as well as: area

6.4 km2 of very small and exorreic size, channel length 4.7 km2, slope 0.078 and

concentration time 36 minutes through data collection.

Likewise, the flow rates recorded by the hydrometric flowmeter at 10 levels or distances in

the cement wall where the hydrometric flume (outlet of the trough) will be installed,

obtaining a maximum flow of 18.5 m³ / s when the float travels 1, were determined. 30 m

and a minimum flow of 1.58 m³ / s will travel with a height of 0.14 m taking into account

the water mirror.

Finally, the hydrometric flume was designed using the AutoCAD version Q.47.0.0 program,

through the morphological characteristics and parameters that helped to install the

hydrometric flume the same as the reservoir with an area of 576 m2, a slope result of 0.02,

in a time of concentration of 36 minutes the same one that helped to give a flow estimation

using the roughness coefficient of n = 0.033 and at the end it was developed with all this

data obtained the modeling of hydrographs.

Keywords: flow, precipitation, modeling, hydrometric, morphology

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de Investigación	2
1.2 Formulación del Problema	2
1.3 Hipótesis	2
1.4 Objetivo General	3
1.5 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II.	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1 CONCEPTOS BÁSICOS	4
2.1.1 Cuencas Hidrográficas	4
2.1.2 Características Morfológicas de la Cuenca	4
2.1.2.1 Área de la Cuenca (A)	4
2.1.2.2 Clasificación Cuenca	5
2.1.2.3 Longitud del cauce	5
2.1.2.4 Pendiente	5
2.1.2.5 Tiempo de concentración (tc)	6
2.1.3 Características de la Cuenca Hidrográfica	6
2.1.4 Componentes de las Cuencas Hidrográficas	6
2.1.5 Delimitación de las Cuencas Hidrográficas	6
2.1.5.1 Procedimiento para la delimitación:	6
2.2 PARÁMETROS PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES	7
2.2.1 Perímetro Cuenca (P)	7
2.2.2 Coeficiente de Rugosidad (n)	7
2 3 ESTIMACIÓN DE CAUDALES	7

	2.3.1 Caudales	7
	2.3.2 Ecuación de Manning	7
	2.4 MODELOS SOBRE LA RELACIÓN ENTRE LLUVIAS - ESCURRIMIENTO	8
	2.4.1 Métodos de Hidrogramas Unitarios (HU)	8
	2.4.2 Métodos de Hidrogramas Unitarios Sintéticos (SNYDER)	8
	2.4.3 Método de Hidrograma Unitarios Soil Coservation Service (SCS)	8
	2.4.4 Número de Curvas	9
	2.4.4.1 Construcción de curvas IDF	9
	2.4.4.2 Número de Curvas SCS	9
	2.4.5 Modelamiento con HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System).	
	2.6 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	10
	2.6.1 Levantamiento de planos	. 10
	2.6.2 Replanteo de planos	. 10
	2.6.3 Deslinde	10
	2.6.4 Amojonamiento	. 10
	2.7 INUNDACIONES	11
	2.8 AFORADOR HIDROMÉTRICO	11
C.	APÍTULO III.	. 13
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	. 13
	3.1. Localización	13
	3.2. Tipo de Investigación	. 14
	3.3. Métodos de Investigación	. 14
	3.4. Diseño de la Investigación	. 14
	3.4.1 Delimitación del Área	. 14
	3.4.2 Delimitación de la zona de recarga	. 14
	3.4.3 Levantamiento Topográfico	. 14

	3.4.4 Determinación de la velocidad y caudal gasto base	15
	3.4.5 Estimaciones del caudal en función de diferentes altitudes y profundidades de	e la
	lámina de agua	16
	3.4.6 Identificación de pendientes.	17
	3.4.7 Tiempo de Concentración (tc)	18
	3.4.8 Modelamiento de los caudales esperados ante la presencia de lluvias (uso de software HEC-HMS).	18
3	3.5. Recursos Humanos y Materiales	19
CA	APÍTULO IV.	20
4.]	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
۷	4.1 Delimitación de la Zona de Recarga	20
۷	4.2 Área del embalse de la zona de estudio	21
۷	4.3 Características del cauce tomado en diferentes puntos	21
۷	4.4 Parámetros para la estimación de caudales	22
۷	4.5 Parámetros para las características morfológicas de la cuenca:	23
4	4.6 Ancho del perfil de entrada, salida en el punto de monitoreo en los diferentes mes	ses
(de muestreo	24
		25
		26
۷	4.7 Caudales mensuales del Río Pindo Grande	26
۷	4.8 Caudales estimados a las diferentes cotas del aforado hidrométrico	27
2	4.9 Caudales teniendo en cuenta el efecto de laminación	28
۷	4.10 Valores de distancias y caudal del recorrido del flotador	28
2	4.11 Modelamiento con HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic	
I	Modeling System).	30
CA	APÍTULO V.	34
5. (CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
4	5.1 Conclusiones	34

5.2 Recomendaciones	35
CAPÍTULO VI	36
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO VII	40
7. ANEXOS	
7.1 ANEXO 1	
7.2 ANEXO 2	
7.3 ANEXO 3	
7.4 ANEXO 4.	42
7.5 ANEXO 5.	42
7.6 ANEXO 6.	43
7.7 ANEXO 7.	43
7.8 ANEXO 8. FOTOGRÁFICO	44
Índice de Tablas	
Tabla 1. Diferentes tamaños de Cuencas	5
Tabla 2. Recursos humanos y materiales	19
Tabla 3. Área y perímetro de mojado	22
Tabla 4. Parámetros para la estimación de caudal	23
Tabla 5. Parámetros para las características morfológicas de la cuenca	23
Tabla 6. Ancho del perfil de entrada, salida del río Pindo Grande	24
Tabla 7. Valores de caudales en función de la altura.	27
Tabla 8. Valores de caudales con efecto de laminación.	28
Tabla 9. Valores de distancia y caudal del recorrido del flotador	29
Tabla 10. Parámetros para el modelamiento SCS	30
Tabla 11. Cronograma de Actividades	40
Tabla 12. Valores del coeficiente de rugosidad (n) de Manning	41
Tabla 13. Materiales propuestos para el diseño del aforador hidrométrico	42

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Área de mojado	15
Ecuación 2. Teorema de Pitágoras	15
Ecuación 3. Radio hidráulico	15
Ecuación 4. Caudal	16
Ecuación 5. Ecuación de Manning	16
Ecuación 6. Caudal en la salida del abrevadero	17
Ecuación 7. Fórmula para el cálculo de pendiente	17
Ecuación 8. Fórmula para el tiempo de concentración	18
Índice de Figuras	
Figura 1. Ubicación del sitio en donde se diseñará un aforador hidrométrico en la E	Estación
Biológica Pindo Mirador - Mera	13
Figura 2. Delimitación de la zona de recarga y toma de captación de agua	20
Figura 3. Área del embalse teniendo en cuenta el espejo de agua y la máxima de cre	ecida.
	21
Figura 4. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande mes de marzo	24
Figura 5. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande 18 de mayo	25
Figura 6. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande del mes de marzo	25
Figura 7. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande del mes de abril	25
Figura 8. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande del 08 de mayo	26
Figura 9. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande del 18 de mayo	26
Figura 10. Valores de caudales (m3/s) mensual del río Pindo Grande	27
Figura 11. Propuesta de un aforador hidrométrico en la Estación Biológica Pindo M	⁄Iirador.
	29
Figura 12. Modelación HEC-HMS durante 24 horas del Río Pindo Grande	31
Figura 13. Caudal por milímetro de lluvia del río Pindo Grande	31
Figura 14. Relación entre el caudal del recorrido del flotador y la precipitación	32
Figura 15. Caudal obtenido de los meses de marzo, abril, mayo y junio del 2019	33
Figura 16. Caudal obtenido de los meses de julio, agosto, septiembre, octubre novid	embre,
diciembre (2017) y enero, febrero (2018).	33
Figura 17. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande mes de abril	42
Figura 18. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande mes 08 de mayo	42
Figura 19. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande mes de junio	43

Figura 20. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande mes de junio
Índice de Fotografías
Foto 1. Medición del embalse a la salida del flujo de agua
Foto 2. Medición del perfil del afluente Pindo Grande
Foto 4. Medición de área del sitio
Foto 3. Medición del perfil del afluente Pindo Grande
Foto 5. Uso del distanciómetro láser para cálculos de distancias y ángulos
Foto 6. Medición de profundidades cada 30 cm en el perfil de entrada al embalse 45
Foto 7. Marca de pintura roja cada 10 cm en el muro inferior a la salida del flujo de agua.
45

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se considera que una cuenca hidrográfica abarca aguas superficiales y subterráneas que por sus características biofísicas desembocan en una fuente natural, estas aguas mediante las vertientes y escorrentías llegan hacia los ríos, lagos, mares, etc. Por lo tanto, una cuenca hidrográfica consiste en la aglomeración de aguas provenientes de las precipitaciones existentes en una zona y son de gran importancia en la sociedad ya que es el escenario donde el ser humano interactúa con los recursos naturales.

La escorrentía es uno de los elementos que forma parte del ciclo hidrológico y se mide con precisión a través de diferentes métodos e instrumentos que faciliten la obtención de datos verídicos y comprobables. Estas medidas se pueden realizar por medio de aforadores hidrométricos que son instalados en una zona según las condiciones que tenga.

Según (Vera, 2002) un aforador hidrométrico mide los niveles de agua a través del tiempo por lo que es de gran ayuda en sectores donde se evidencien altas precipitaciones que ocasionan inundaciones.

En la provincia de Pastaza existen altas precipitaciones debido a su cercanía a la Cordillera Oriental por lo que presenta precipitaciones orográficas. Estas intensidades generan inundaciones que suscitan el desbordamiento del Rio Pindo Grande en el sector de la estación Biológica Pindo Mirador- Mera y trae consigo daños al medio ambiente como erosión de suelo, daños a cultivos y cosechas, pérdida de especies del sector y además que se generen deslizamientos, derrumbes y avalanchas.

Esto conlleva a diseñar un aforador hidrométrico en la estación Biológica Pindo Mirador que ayude a la obtención de registros de datos en tiempos reales sobre los niveles de agua que se originan por escurrimientos, por lo que al conocer los caudales permitirá pronosticar o evitar futuros daños en el área de estudio.

1.1 Problema de Investigación

En la parroquia Shell donde se encuentra ubicado la Estación Biológica Pindo Mirador está situado en las estribaciones de la Cordillera Oriental considerándose como un bosque pluvial premontano en el cual se reportan precipitaciones que se encuentran alrededor de 5500 mm al año, por lo que conlleva a que las frecuencias de las precipitaciones superen los 300 días al año por presencia de lluvias (INAMHI,2013), presentándose en la zona eventos de crecidas y avenidas torrenciales las cuales afectan las partes alta, media y baja de la cuenca del río Pindo Grande. La toma de captación de agua se encuentra ubicada en la cuenca alta del río Pindo Grande siendo un punto estratégico en el momento de la presencia de estos eventos.

La falta de datos y ausencia de un aforador hidrométrico en la toma de captación de agua no ha permitido registrar caudales que presenta el recurso hídrico en las diferentes épocas del año así como su comportamiento en el incremento del cauce, las mismas que muestran intensidades de precipitación en la zona por avenidas torrenciales, donde se han registrado eventos en las fechas 29 de diciembre del 2018 y el 22 de febrero del 2019, mismos que provocaron acontecimientos naturales catastróficos como daños físicos, ambientales y económicos a la población por sus niveles altos de lluvias.

1.2 Formulación del Problema

La falta de registro de los caudales no ha permitido establecer acciones inmediatas para proteger la integridad de las poblaciones de las zonas bajas teniendo como consecuencias efectos negativos no solo en el ámbito social, ambiental sino también en lo económico debido a grandes pérdidas materiales (infraestructuras) y pérdidas de vidas a consecuencia de las inundaciones.

1.3 Hipótesis

Por medio de la modelación y uso del software estadístico HEC-HMS realizada con datos hidrológicos del río Pindo Grande se podrá estimar los caudales que se generen ante eventos de avenidas torrenciales.

1.4 Objetivo General

Diseñar un aforador hidrométrico en la Estación Biológica Pindo Mirador del cantón Mera de la Provincia de Pastaza.

1.5 Objetivos Específicos

- Establecer las características morfológicas del área de estudio.
- Estimar los caudales a diferentes cotas.
- Diseñar un aforador hidrométrico para el registro de caudales en la Estación Biológica Pindo Mirador.

CAPÍTULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

2.1.1 Cuencas Hidrográficas

Las cuencas hidrográficas consisten en el contorno o límite del recurso hídrico como efecto de las precipitaciones existentes en las diferentes zonas o países, las cuales a su vez mediante la escorrentía son dirigidas hacia un punto de salida conocido como exutorio, llegando a formar manantiales naturales de gran importancia en la sociedad (Ordoñez, 2011).

Además, la precipitación forma parte fundamental de la cuenca hidrográfica debido a que esta proporciona una gran cantidad de agua en estado líquido y sólido que caen sobre la superficie de la tierra, así mismo es importante conocer que para la formación de las lluvias se dan procesos como la coalescencia y cristales de hielo (Villodas & Segerer, 2011).

2.1.2 Características Morfológicas de la Cuenca

2.1.2.1 Área de la Cuenca (A)

Se define como aquel elemento fundamental para encontrar el potencial de generación de escurrimiento al recurso hídrico, por lo que es necesario multiplicar por la lámina de lluvia y esta puede ser expresada en unidades de hectáreas (ha) y kilómetros cuadrados (km²) los cuales pueden ser obtenidos mediante cálculos a partir de datos registrados y plasmados en mapas de proyección horizontal (Sperling, 2007).

Según (Rivera, 2007) menciona que el área de una cuenca es considerada como la proyección horizontal de un embalse, la misma que es delimitada por el parteaguas. Por lo tanto, podemos definir que el parteaguas es aquella línea imaginaria que separa el punto más alto de un lugar topográfico, permitiendo el desviamiento de las aguas lluvias en diferentes cuencas con la finalidad de que el recurso hídrico tenga una salida principal. Además, es necesario mencionar que pueden existir dos tipos de cuencas: pequeñas y grandes, para ello es necesario revisar la clasificación del tamaño de las cuencas **tabla 1**.

Tabla 1. Diferentes tamaños de Cuencas

TAMAÑOS DE CUENCA			
TAMAÑO DE LA CUENCA EN Km²	CLASIFICACIÓN		
< 25	Muy pequeña		
25 a 250	Pequeña		
250 a 500	Intermedia – Pequeña		
500 a 2500	Intermedia – Grande		
2500 a 5000	Grande		
> 5000	Muy grande		

Fuente. Rivera (2007)

2.1.2.2 Clasificación Cuenca

Según (Ordoñez, 2011) existen tres tipos de cuencas que son:

Exorreicas: el afluente es descargado en el mar u océano.

Endorreicas: el agua desemboca en los lagos, lagunas cuya característica no tienen conexión con el mar.

Arreicas: en este caso el agua pasa por procesos de evaporación o filtración antes de ser conducido a un afluente o drenaje como los arroyos, aguadas y cañadones, por lo que no son descargados en ningún otro cuerpo hidrográficos de importancia

2.1.2.3 Longitud del cauce

Se define como aquella distancia horizontal teniendo en cuenta el inicio del cauce o borde hasta el punto de la salida del agua conocida como desembocadura y es expresada en unidad de kilómetros o también en metros (Brieva, 2018).

2.1.2.4 Pendiente

Según (Ramirez, 2016) se trata de la variación en cuanto a la inclinación que presenta una cuenca, cumpliendo un papel importante porque define el comportamiento de la cuenca en base al desplazamiento de las capas del suelo. La pendiente expresa la relación que existe entre la altura y la distancia recorrida, es una forma de medir u obtener el grado de inclinación del terreno. Por lo que a mayor inclinación mayor pendiente.

2.1.2.5 Tiempo de concentración (tc)

Hace referencia al tiempo mínimo en que todos los puntos de una cuenca se encuentren y aporten agua de una manera simultánea al punto de salida este se puede representar en minutos u horas (Castillo, 2013).

Este aspecto es importante porque dentro de los modelos lluvia-escorrentía, la duración de la lluvia se toma igual al tiempo de concentración de la cuenca, de esta manera se puede decir que esta duración aporta al proceso de escorrentía (Ivan, 2017).

2.1.3 Características de la Cuenca Hidrográfica

Curva de la cota superficie: conocida como una de las más importantes porque permite conocer el potencial hidroeléctrico de una cuenca.

Coeficiente de forma: permite obtener indicaciones preliminares sobre la onda de avenida que puede producir.

Coeficiente de ramificación: permite indicar información previa de los tipos de ondas que poseen una avenida (Herga, 2018).

2.1.4 Componentes de las Cuencas Hidrográficas

Dentro de los componentes que poseen las cuencas hídricas tenemos los elementos abióticos que se considera como un conjunto de vertiente y que a su vez están constituidas de suelo, siendo así también la red de drenaje debido a que hace posible el transporte de forma gravitacional de los sedimentos, agua o contaminantes permitiendo identificar el funcionamiento de los afluentes (Sperling, 2007).

2.1.5 Delimitación de las Cuencas Hidrográficas

Para la delimitación de las cuencas hidrográficas existen dos formas que pueden ser manual y automática, donde se utilizan los mapas topográficos, cartas topográficas y planos altimétricos con sus respectivos detalles de las alturas del terreno que faciliten la localización.

2.1.5.1 Procedimiento para la delimitación:

- 1. Es necesario usar un papel transparente, blanco o una carta nacional para trabajar sobre ella, luego es importante indicar el espacio o área en el que se señalara la cuenca, subcuenca y las microcuencas.
- 2. Señalar mediante el uso del lápiz la red de drenaje, principal, y los tributarios.
- **3.** Especificar la cota mayor en los extremos en la red.

- **4.** En la parte de la red de drenaje, se toma en cuenta el punto elevado en el contorno de los embalses.
- **5.** Tener como base el valor de nivel debido a que permiten conocer el drenaje fuera o dentro de una cuenca.
- 6. Se debe considerar como base: cuando curvas del mismo valor y muy debido a que permiten identificar las pendientes. Además, las curvas de forma cóncava y convexa hacia arriba dependiendo de sus valores ascendentes pueden significar curso de agua, cerro o montaña.
- **7.** El trabajo final se refleja la cuenca delimitada y la red de drenaje (Fundesyram, 2019).

2.2 PARÁMETROS PARA LA ESTIMACIÓN DE CAUDALES

2.2.1 Perímetro Cuenca (P)

Según (Brieva, 2018) da conocer que es la longitud de los bordes de una cuenca expresado en plano horizontal el cual al combinarse con el área puede generar información sobre la forma de la cuenca. Este parámetro se calcula en unidades de longitud y se enuncia comúnmente en kilómetros o metros.

2.2.2 Coeficiente de Rugosidad (n)

Se lo determina con la letra n, permite determinar el grado de resistencia que tienen las paredes o la parte interna por donde pasa el flujo de agua. Este parámetro se lo define teniendo en cuenta el fondo del canal, es decir si las paredes son más ásperas o rugosas el agua tendrá mayor dificultad para desplazarse (Ramires, 2011).

Según (Jensen, 2014) la rugosidad que presentan las paredes de un canal varía según el material que es utilizado, acabado y sobre todo con el tiempo de uso.

2.3 ESTIMACIÓN DE CAUDALES

2.3.1 Caudales

Consiste en el volumen de agua que pasa por una superficie durante un tiempo determinado provenientes de una fuente o manantial de forma natural (Monge, 2017).

2.3.2 Ecuación de Manning

La utilización de la ecuación de Manning consiste en determinar valores de velocidad ya sea en canales abiertos o tuberías mediante la aplicación de distintos parámetros que generen datos confiables y consistentes al momento de obtener los resultados (Hudson, 1997).

Por lo tanto, la ecuación de Manning podemos decir que procede del ajuste de curvas y su sencillez en generar los resultados se ha llegado a considerar como la más utilizada a diferencia de otras fórmulas de cálculos de escurrimiento de los canales de flujo uniforme (Torrez, 2016).

2.4 MODELOS SOBRE LA RELACIÓN ENTRE LLUVIAS -ESCURRIMIENTO

Los modelos de lluvias - escurrimiento son muy útiles debido a que su estudio puede permitir hacernos una proyección de los escurrimientos en las cuencas, con la finalidad de que posteriormente sean utilizados en el diseño de sistemas para la prevención de inundaciones y de esta manera difundir alarmas a las poblaciones que se encuentran asentadas en zonas de riesgo. Para esto se requiere de una integración de procesos, acoplamiento con SIG y métodos de análisis (Mobayed & Quevedo, 2013).

2.4.1 Métodos de Hidrogramas Unitarios (HU)

Los hidrogramas son representaciones gráficas este método es empleado en la rama de la hidrología para determinar el caudal según la precipitación que se presenta en una cuenca. Este método unitario presenta características fisiográficas que son relativamente constantes es decir sus precipitaciones tienen una uniformidad en cuanto a su duración, distribución, intensidad y cantidad de escurrimiento (Orellana, 2016).

Según (Aroquipa, 2016) la precipitación dentro de este método debe ser constante a lo largo de un periodo y debe ser distribuida de una manera homogénea en la cuenca.

2.4.2 Métodos de Hidrogramas Unitarios Sintéticos (SNYDER)

Se trata de las características físicas de una cuenca tales como: superficie, pendiente, longitud por lo que las precipitaciones pueden ser cortas y homogéneas (Aroquipa, 2016). Estos hidrogramas son de gran ayuda ya que si no se tiene datos simultáneos de precipitación y escurrimientos estos podrían generar o estimar un Hidrograma Unitario Sintético.

2.4.3 Método de Hidrograma Unitarios Soil Coservation Service (SCS)

Significa Servicio de Conservación de Suelos, surgió en los Estados Unidos ya que sus cuencas presentaban variaciones, este método se encarga de estimar las precipitaciones (Marroquin, 2017).

A este tipo de hidrogramas también se los puede llamar hidrograma triangular y se basan en la estimación del volumen de la escorrentía que resulta de las precipitaciones que existen, el tiempo y la caudal punta.

2.4.4 Número de Curvas

Al mencionar sobre el número de curvas se debe tener en cuenta los siguientes factores que son: el tipo hidrológico del suelo, el uso de la tierra con su tratamiento y la condición previa de humedad. Se debe tener en cuenta que para la aplicación de este método se debe contar con un registro previo de lluvias y escorrentías durante un día (24 horas).

2.4.4.1 Construcción de curvas IDF

Para la construcción de las curvas IDF, se realiza con los datos de intensidades máximas anuales y para cada intervalo de duración, la medición de la precipitación se expresa en milímetros y representa el espesor de una lámina de agua que se acumularía en una superficie horizontal. Además, se calculó la media y la desviación estándar. Los datos para la elaboración de las curvas IDF se utilizarán los de las estaciones meteorológicas que registran los datos durante el año por medio de bandas milimetradas. Mediante las curvas IDF se determinarán los eventos de lluvia, y se usara una tormenta de diseño, esto es un evento que involucra una relación entre la intensidad de lluvia o profundidad, duración de las mismas y frecuencia o periodos de retorno (Yánez & Tapia, 2017).

2.4.4.2 Número de Curvas SCS

Es una técnica para estimar la infiltración es necesario tener en cuenta todas las pérdidas netas a excepción de la evaporación real. Además es necesario conocer el tipo de suelo existente en el área para posteriormente lograr clasificarlo en base a los grupos hidrológicos existentes los cuales son A,B,C,D; donde cada uno de ellos representa el nivel de escurrimiento que poseen siendo desde el más mínimo (A) hasta el más alto (D), por lo que para determinar al suelo según el grupo que pertenezca es preciso tener en cuenta su composición, textura y profundidad del acuífero (Villegas, 2017).

2.4.5 Modelamiento con HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System).

Es un programa que permite la modelización de los sistemas hidrológicos de ciertas tormentas, cuencas sobre todo se puede llegar a estimar la salida del agua, inclusión de lluvias con creación de tormentas, función de pérdida, tránsito de hidrogramas y laminación de embalses, así como de ciertos efectos que posee el cauce.

Por lo tanto, es utilizado para evaluar los efectos en los hidrogramas y también para delimitar aquellas zonas inundables. Para la realización de los hidrogramas es necesario obtener valores de precipitación y datos físicos del afluente, donde es posible dividir una cuenca en

subcuencas, también ayuda en los cálculos de separación de lluvia neta, escorrentía derivada por la precipitación neta, además permite estimar valores de la evolución de un hidrograma a medida que recorre el cauce.

Para el método del hidrograma unitario del United States Soil Conservation Service, SCS, es necesario utilizar un mapa ráster de precipitación siendo adquirido por la interpolación de datos pluviométricos, donde se proceden a calcular la media ponderada de precipitación por cuencas, y es el valor que serán empleados en HEC-HMS. Posteriormente a este volumen precipitado durante 24 horas se colocará una distribución temporal del tipo SCS, optando un intervalo temporal más adecuado (Yánez & Tapia, 2017).

2.6 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Es el proceso principal para la realización de mapas o planos de un lugar para el cual se requiere de instrumentos especializados como el teodolito que van a permitir al topógrafo realizar una recopilación de información necesaria de las características del terreno como los aspectos físicos, geográficos y geológicos que existan en el lugar de estudio. Además, es necesario realizar algunas mediciones y triangulaciones del área, en el que muchas veces es necesario de estaciones de robot y GPS que permiten hacer de forma fácil y precisa la toma de datos.

El levantamiento topográfico requiere de las siguientes etapas que son:

- a) Levantamiento de planos: planimétrico y altimetría.
- b) Replanteo de planos
- c) Deslindes
- d) Amojonamiento
- **2.6.1 Levantamiento de planos:** consiste en la realización del plano teniendo en cuenta su proyección y las curvas de nivel que permitirán tener una visión más clara del lugar el coste se determina en precio/ metro cuadrado.
- **2.6.2 Replanteo de planos:** se basa en trasladar los linderos teóricos en el área físico del terreno el coste se establece en precio/ metro lineal.
- **2.6.3 Deslinde:** consiste en el proceso de señalar y calificar los linderos con los terrenos cercanos al área de estudio.
- **2.6.4 Amojonamiento:** consiste en colocar los linderos en el terreno de forma fisca es decir marcas (IGAC, 2019).

Existen diversas metodologías para el levantamiento topográfico de las cuales se mencionarán a continuación:

- Los métodos planimétricos: es aplicado para terrenos planos para el cual es esencial realizar el proceso de levantamiento poligonales, lo que generara un plano horizontal.
- Métodos altimétricos: para la utilización del método es necesario hacer las mediciones de alturas convenientes para que más adelante se puedan hacer comparaciones de alturas utilizando el plano horizontal inicial.
- **Métodos planialtimétricos:** se usan en casos de que se requieren obtener información completa sobre la morfología del área de estudio (terreno) tanto en el plano horizontal como en el vertical (Gómez, 2019).

2.7 INUNDACIONES

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo de la vida y de un país ya que de él derivan grandes beneficios económicos, sociales debido a su uso, pero también genera problemas como inundaciones y sequias a falta de este recurso.

Las inundaciones se definen como el incremento de agua por encima del nivel normal del cauce. Al hablar del nivel normal del agua se refiere a que la altura de la superficie de agua no ocasione daños o pérdidas.

Según (Salas & Jimenéz, 2019) las inundaciones son eventos que se registran por las altas precipitaciones o por daños que existen en las estructuras hidráulicas que provocan que el nivel del agua se incremente con rapidez causando daños en cultivos, poblaciones o infraestructuras.

2.8 AFORADOR HIDROMÉTRICO

Permite medir y analizar los volúmenes de agua que se evidencian en una sección sea este de un río, canal o tubería por unidad de tiempo hacen referencia a reglas graduadas que se instalan o se colocan en un rio, laguna o en un embalse y ayuda a medir el agua que se origina por las precipitaciones o escurrimientos.

Para su registro existe personal capacitado que se encarga de monitorear los niveles de agua en horas preestablecidas por lo que al conocer la cantidad de agua se podrá mejorar la cantidad y calidad de este recurso o dar un mejor uso (CONAGUA, 2017).

Según (Vásquez, 2013) una estación hidrométrica también puede trabajar de una manera automatizada o manual eso dependerá mucho de las condiciones de la zona y de los recursos que se tengan para su diseño y construcción. Los datos en los aforadores automatizados tienen unos transductores de presión que mide el nivel del agua cada 15 minutos, mientras

que para los aforadores que se obtienen los datos de forma manual se lo harán de una manera directa del operador acompañados de las mediciones del caudal del río por el método de velocidad-área que por lo general se recomienda realizarlos 3 veces al día.

Estos aforadores por su vida útil también pueden ser de tipo permanentes o provisionales. Las de tipo permanentes requieren de un costo un poco más alto ya que implican realizar modificaciones en un tramo del cauce y construir una estructura que contenga una regla de medición manual y los transductores de presión, el enrocado, losa de fondo, muros y un vertedero. Las de tipo provisional son más económicas y fáciles de construir, con materiales mucho más accesibles como el de una regla limnimétricas graduada de aluminio que puede estar sujeta a un tubo de acero galvanizado (Vásquez, 2013).

CAPÍTULO III.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El área de estudio se localizó en la Estación Biológica Pindo Mirador del cantón Mera de la Provincia de Pastaza, a 14 kilómetros de la vía Puyo- Baños, cuenta con precipitaciones de 5500 mm anuales y su temperatura promedio de 20,4° C según (Abril, 2012), siendo un bosque húmedo pluvial premontano (León, 2016), se encuentra a una altitud de 1.150 msnm, y su fuente hidrográfica aledaña es el río Pindo Grande. Sus coordenadas geográficas son 826098X; 9836160Y en sistema WWGS84 zona 17 Sur (GADMM, 2014).



Figura 1. Ubicación del sitio en donde se diseñará un aforador hidrométrico en la Estación Biológica Pindo Mirador - Mera

Fuente: (Grefa,2019).

3.2. Tipo de Investigación

El presente proyecto fue de carácter descriptivo donde contempló las características del río Pindo Grande y su influencia en eventos de avenidas torrenciales debido a las altas precipitaciones del sector.

3.3. Métodos de Investigación

Se emplearon los siguientes métodos en el proyecto:

- Deductivo
- Observación directa.
- Toma de datos en campo.
- Modelamiento de software estadístico (HEC-HMS).

3.4. Diseño de la Investigación

3.4.1 Delimitación del Área

En el sector Pindo Mirador se recorrió el área de estudio, ubicándose en la Toma de captación de agua donde se instalará el aforador hidrométrico, con la ayuda de un GPS para la obtención de las coordenadas en el sistema WGS84, los cuales posteriormente fueron exportados al programa Google Earth Pro, donde se transformaron a formato kml para su procesamiento en el programa QGIS.

3.4.2 Delimitación de la zona de recarga

La delimitación de la cuenca hidrográfica se realizó mediante el programa QGIS siguiendo el parteaguas o divisoria de la cuenca, tal como lo sugiere (Centeno, 2015).

3.4.3 Levantamiento Topográfico

Se generó una cuadrícula base con 6 rectángulos de (4m de largo x 3m de ancho) y se procedió a tomar las medidas hacia los diferentes puntos que cubren el espejo de agua y posteriormente hasta el límite de borde donde se evidencia la crecida del río.

Se colocaron estacas de madera de 1 metro de alto en los puntos de la cuadrícula, después con la ayuda del distanciómetro láser se obtuvo los ángulos de inclinación entre el límite de los puntos ubicados al margen con crecida y los puntos límites del espejo de agua.

Se determinó la máxima altura del agua con crecida en función de la evidencia formada por la huella hídrica.

En el abrevadero se procedió a medir la profundidad, la cobertura de espejo de agua y la longitud del embalse.

Se estimó el gasto base en la entrada del embalse que posteriormente conlleva al sitio donde se instalará el aforador hidrométrico.

3.4.4 Determinación de la velocidad y caudal gasto base

Se seleccionó una sección con características regulares y recta, para establecer el caudal de ingreso a la zona de embalse en las cuales se fueron midiendo las profundidades cada 30 cm y se tomó en un punto de entrada y uno de salida con una distancia entre ambos puntos de 8, 90 m, se determinó la pendiente con la ayuda del distanciómetro láser obteniendo 0,02. Se realizaron 4 mediciones en los meses marzo, abril, mayo y junio teniendo en cuenta el ancho y profundidad del cauce.

En los perfiles de entrada y de salida se determinó la profundidad promedio y aplicando el teorema de Pitágoras se determinó el área y perímetro de mojado, en función de estos parámetros se determinó el radio hidráulico el cual es utilizado en la estimación de la velocidad en la ecuación de Manning.

Área de mojado: Se calculó mediante la ecuación 1 según (Hudson, 1997):

Ecuación 1. Área de mojado

AM=Profundidad promedio*Ancho del río

(1)

Perímetro de mojado: consiste en la sumatoria del lado C aplicando el teorema de Pitágoras que es expresada en la ecuación 2:

Ecuación 2. Teorema de Pitágoras

lado
$$C = \sqrt{(a)^2 + (b)^2}$$
 (2)

Dónde:

- **a** = diferencia de profundidad en cada metro
- **b** = Diferencia entre el ancho en el que fueron tomados las profundidades.

Radio hidráulico: Se calculó mediante la ecuación 3 según (Hudson, 1997):

Ecuación 3. Radio hidráulico

$$RH = \frac{\text{Área de mojado promedio}}{\text{Perímetro de mojado promedio}}$$
 (3)

Caudal m³/s: se calculó con la ecuación 4:

Ecuación 4. Caudal

$$Q=V*Am$$
 (4)

Dónde:

- V= velocidad
- **Am**= área de mojado

Velocidad m/s: se calculó con la ecuación 5:

Ecuación 5. Ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} * RH^{2/3} * S^{1/2}$$
 (5)

Dónde:

- V= Velocidad media de la corriente (m/s) del agua sea en tuberías y canales abiertos.
- **R**=Radio hidráulico (m)
- **n**= Coeficiente de rugosidad de Manning
- S= Pendiente media del canal o de la tubería (m/m)

En la **ecuación 5** de la velocidad se aplicó un coeficiente de rugosidad de n=0,033 el cual según (Hudson, 1997) es aplicado para canales de corrientes naturales que pueden ser sinuosos, con embalses y bajos. Con este valor y las características del radio hidráulico y pendiente se estimó la velocidad del flujo que posteriormente con el área de mojado se calculó el caudal.

Para la batimetría en el embalse se seleccionaron tres puntos (entrada, intermedio, salida) en función del flujo del caudal con una distancia entre los puntos de 2 metros en el cual se midió la profundidad a cada metro con la utilización de una cinta métrica, estaca y metro. Se determinó el volumen del embalse en condiciones normales considerando el espejo de agua y además se estimó el volumen del embalse para condiciones de crecida considerando la huella de crecida.

3.4.5 Estimaciones del caudal en función de diferentes altitudes y profundidades de la lámina de agua.

Se colocó una marca cada 10 cm en la pared inferior del embalse teniendo en cuenta la altura del espejo de agua. Se calculó el ángulo del abrevadero en donde se diseñará el aforador hidrométrico utilizando valores de la distancia y de altura mediante la función (tan C = b/a). Posteriormente se estimó la distancia en base a la altura (cada 10 cm), valores que

fueron aplicados en la ecuación del cálculo del caudal a la salida del abrevadero, se consideró que el abrevadero presenta un desnivel por lo que se dedujo como un área triangular, por tanto, la altura de la lámina de agua se dividió para 2 y la longitud horizontal del espejo de agua en el abrevadero fue determinada mediante la función arcoseno.

Caudal en la salida del abrevadero (m³/s): se calculó con la ecuación 6 según (Martínez, 2006).

Ecuación 6. Caudal en la salida del abrevadero

Q= C.L.
$$(\frac{H}{2})^{3/2}$$
 (6)

Dónde:

- $\mathbf{Q} = \text{Caudal}$
- C = Coeficiente de desagüe que incluye la contracción (C= 2, 0)
- L = Longitud del abrevadero
- **H** = altura alcanzada de un aliviadero

Para obtener los valores del recorrido del flotador se considera que el carril del flotador se encontrará en un ángulo de 45 ° tomándose en cuenta las alturas que se consideraron para la estimación de los caudales se establece la distancia del recorrido del flotador y el caudal que este indica, el cual se estimó calculando la hipotenusa en función del teorema de Pitágoras **ecuación 2.**

3.4.6 Identificación de pendientes.

Con la utilización del programa Google Earth Pro se estableció la cota máxima y mínima del río Pindo Grande como también se determinó la distancia lineal del cauce, mediante la fórmula establecida por (Estrada & Rojas, 2013) expresada como la ecuación 7.

Ecuación 7. Fórmula para el cálculo de pendiente

$$S = \frac{Hm\acute{a}x - Hm\acute{n}}{Dl}$$
 (7)

Dónde:

- S = Pendiente
- **Hmáx** = Cota máxima (m)
- **Hmín** = Cota mínima (m)
- **Dl** = Distancia lineal (m)

3.4.7 Tiempo de Concentración (tc)

Consiste en el tiempo en que la onda de agua de crecida llega desde la parte más alta hasta la toma de captación. Para ello el tiempo de concentración se determinó mediante la fórmula establecida por (Gaspari et al ,2013) expresada con la ecuación 8:

Ecuación 8. Fórmula para el tiempo de concentración

$$tc=0,06628 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$$
 (8)

Dónde:

- **T**= tiempo de concentración (horas-min)
- L= longitud del cauce (km)
- S= pendiente (m/m)

3.4.8 Modelamiento de los caudales esperados ante la presencia de lluvias (uso de software HEC-HMS).

Para la realización del modelamiento de los caudales se utilizó el software HEC-HMS para la simulación de los componentes tanto para los Modelos de cuenca, Mod elos meteorológicos, Especificaciones de control y Datos de series de tiempo.

- En los modelos de cuenca se generó una subcuenca y se registró el valor del área, se llenaron los datos de métodos de pérdida (SCS número de curva), método de transformación (SCS hidrograma unitario) y método de flujo de base (constante mensual), número de curva en condiciones precedentes a humedad, en tipo de gráfico se eligió estándar (PRF 484) y en flujo base se llenaron los datos de caudal en la desembocadura.
- En los modelos meteorológicos se realizaron especificaciones del hidrograma y estableció el tiempo de intervalo.
- En especificaciones de control se establecieron las fechas para la modelación con una estimacion de la precipitación.
- Para realizar el HEC HMS se estableció una lluvia de progresión con intervalos de 2 mm por hora con lo cual se determinó el caudal generado con esas precipitaciones dando un valor de 166,2 m³/s y finalmente se calculó el gráfico en el modelo HEC-HMS.

3.5. Recursos Humanos y Materiales

Los recursos humanos y materiales utilizados en la investigación se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Recursos humanos y materiales

Recursos humanos			
Dr. C. Ricardo Abril Tutor de Proyecto de Titulación			
Jessica Carrión Estudiantes de la Universidad Esta			
Adriana Grefa Amazónica (Tesistas)			
Recursos materiales			
Distanciómetro láser Material de oficina			
GPS	Cinta métrica		
Cámara Fotográfica	Flexómetro		
Computadora	Palo de escoba		
Botas	Libreta de campo		

Fuente: (Grefa,2019).

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Delimitación de la Zona de Recarga

Para la delimitación de la zona de recarga que abarca el río Pindo Grande se la realizó mediante el programa QGIS, la zona se delimitó siguiendo el parteaguas, la cuenca que se presentó en el sector es de tipo exorreica porque el alfuente tiene una desembocadura. En la figura 2 se observa la delimitación de la zona de recarga especificando el sitio del área de estudio (toma de captación de agua) mientras que en la figura 3 representa el área del embalse teniendo en cuenta el espejo de agua y máxima de crecida.

UBICACIÓN CANTONAL Río Pindo Grande y afluente S/N Zona de recarga Toma de captación de agua

DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA SECTOR PINDO MIRADOR

Figura 2. Delimitación de la zona de recarga y toma de captación de agua.

Fuente: (Carrión, 2019)

4.2 Área del embalse de la zona de estudio

En la **figura 3** se presenta una cuadrícula de 4 m de largo x 3 m de ancho, el color azul muestra el área del embalse con un valor de **217,8 m**² tomando como referencia el espejo de agua, una distancia total de **20 m** de longitud entre las estacas (1 - 6), logrando tener una distancia mayor de **11 m** en la estaca (4) y una distancia menor de **0 m** en las estacas (1,2,3) del cauce como se menciona en la figura 3.

El color naranja muestra el área del embalse con un valor de **576 m**² teniendo en cuenta la máxima de crecida del cauce con una distancia total de **32 m** de longitud entre las estacas (1 – 8), logrando tener una distancia mayor de **30 m** en la estaca (6) y una distancia menor de **1 m** en la estaca (1) del cauce como se menciona en la figura 3. Elaborado en el programa de AutoCAD versión Q.47.0.0.

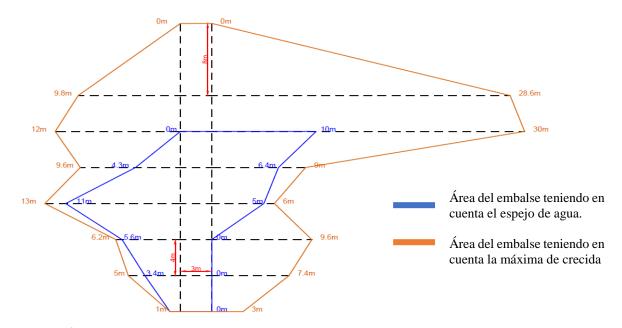


Figura 3. Área del embalse teniendo en cuenta el espejo de agua y la máxima de crecida.

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

4.3 Características del cauce tomado en diferentes puntos

En la **tabla 3** se muestran los resultados del área (m²) y perímetro (m) de mojado que se obtuvieron durante los meses marzo, abril, mayo y junio de la entrada y salida del cauce. Dando como resultado un área máxima de **3**, **15** m² en la entrada y **2,83** m² en la salida el **18 de mayo** y un área mínima de **0,60** m² en la entrada en el mes de **marzo** y **0,53** m² en la salida en el mes de **abril**, mientras que en el perímetro de mojado el máximo valor es de **5**,

18 m en la entrada y 5, 28 m en la salida el 18 de mayo, y un mínimo de 2,87 m en la entrada y 3,95 m en la salida del mes de marzo, la variación de estos valores están asociados a las diferentes profundidades del cauce debido a que las altas precipitaciones influyen en la modificación de la forma del embalse en cuanto a su distancia y profundidad.

Tabla 3. Área y perímetro de mojado

Área de mojado (m²)		Perímetro de mojado (m)		
Mes	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Marzo	$0,60 \text{ m}^2$	$0,57 \text{ m}^2$	2,87 m	3,95 m
Abril	$0,90 \text{ m}^2$	$0,53 \text{ m}^2$	3,39 m	3,95 m
may-08	$2,72 \text{ m}^2$	$2,59 \text{ m}^2$	4,91 m	4,77 m
may-18	$3,15 \text{ m}^2$	$2,83 \text{ m}^2$	5,18 m	5,28 m
Junio	$2,12 \text{ m}^2$	1,66 m ²	3,69 m	6,71 m

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

4.4 Parámetros para la estimación de caudales

Para la determinación de estos parámetros fue necesario determinar el coeficiente de rugosidad (n) descrita según (Hudson, 1997) siendo **n=0,033**, mostrado en la **tabla 12** que se encuentra establecido en el Anexo 2, este valor fue seleccionado debido a que el afluente corresponde a los canales de corrientes natural sinuosos, con embalses y bajo, por lo que coincide con la investigación realizada por (Guzmán & Vera, 2013) en Cuenca sobre el Río Cumbe debido a que este parámetro fue determinado a por la granulometría del suelo que tenía el lecho del río, por lo tanto los valores para el coeficiente de rugosidad se determinó en función de los diámetros de las partículas en las secciones 1 a 7 que dieron como resultado n=0,021; mientras que en la sección 8 y 9 n=0,033, estos autores mencionan que el coeficiente de rugosidad puede variar si se presentan factores como la presencia de vegetación, sinuosidad, cambio de pendiente. Además, se logró determinar la pendiente del área de estudio (toma de captación de agua) obteniendo un grado de inclinación 0,02 con la utilización del distanciómetro láser, debido a la relación existente entre la altura y la distancia ya que se encuentra a una altitud de 1150 m.s.n.m. y una longitud de 8 m en la salida del abrevadero. En la **tabla 4** se detallan los valores de los parámetros utilizados en la estimación de caudales.

Tabla 4. Parámetros para la estimación de caudal

Parámetros	Valores
Coeficiente de rugosidad (n)	0,033
Pendiente	0,02

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

4.5 Parámetros para las características morfológicas de la cuenca:

Para la obtención de este parámetro se determinó la longitud en kilómetros del río Pindo Grande con un valor de **4,7 km**. Este valor representa desde la naciente del cauce hasta la toma de captación de agua. Además se empleó la **ecuación 7** para el cálculo de la pendiente de la cuenca donde se restó la cota máxima **1364 m** para la cota mínima **1174 m** y se dividió para la distancia lineal que es de **2,43 km (2430 m)** dando como resultado **0,078 (7,8%)**, que corresponde a un relieve mediano y con una velocidad media de agua según un estudio realizado en Cuenca sobre el puente del río Jadán por (Carvallo & Delgado, 2013) da a conocer que la pendiente de una cuenca tiene una relación con los factores como son la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo así como también del agua subterránea al flujo del cauce.

También se utilizó la **ecuación 8** para la estimación del tiempo de concentración (tc) dando como resultado **0,5945 horas (36 minutos)** este valor consiste en el tiempo que la onda de agua de crecida llega desde la parte más alta hasta la toma de captación. En la **tabla 5** se detallan los valores de los parámetros de las características morfológicas de la cuenca.

Tabla 5. Parámetros para las características morfológicas de la cuenca

Parámetros	Valores	
Longitud del cauce	4,7 km	
Pendiente	0,078	
Tiempo de concentración	36 minutos	

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

4.6 Ancho del perfil de entrada, salida en el punto de monitoreo en los diferentes meses de muestreo

A continuación, se muestra la **tabla 6** correspondiente al ancho del perfil de entrada y salida del flujo de agua en los meses de marzo, abril, 08 de mayo, 18 mayo y junio. Obteniendo un valor alto en el ancho de entrada el 18 de mayo con **3,9 m** y un valor menor de **2,7 m** en el mes de marzo detallados en la **figura 4 y 5**.

Mientras que el valor alto en el ancho de salida es el 18 de mayo con **4,5 m** y valores menores en marzo, abril, 08 de mayo **con 3,9 m** detallados en la **figura 6, 7, 8** y **9** esto se debe por las altas precipitaciones, erosión y sedimentación que modifican el trazado o forma de la cuenca. Las demás figuras de los perfiles se encuentran en los **Anexos 4,5,6,7.**

Tabla 6. Ancho del perfil de entrada, salida del río Pindo Grande.

Mes	Ancho entrada	Ancho salida
Marzo	2,7 m	3,9 m
Abril	3,3 m	3,9 m
Mayo 08	3,6 m	3,9 m
Mayo 18	3,9 m	4,5 m
Junio	3,3 m	6,6 m

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

Perfil de entrada **DISTANCIA** 0 0,3 0,6 0,9 1,2 1,5 1,8 2,1 2,4 2,7 0 0,05 **PROFUNDIDAD** 0,1 0,15 0,2 0,25 0,3 0,35 0.4

Figura 4. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande mes de marzo.

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

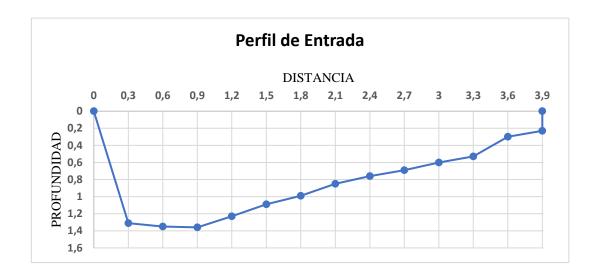


Figura 5. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande 18 de mayo.



Figura 6. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande del mes de marzo



Figura 7. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande del mes de abril

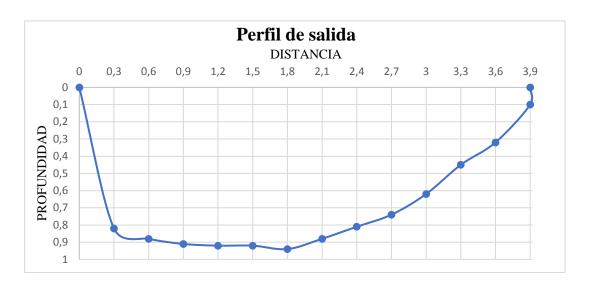


Figura 8. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande del 08 de mayo



Figura 9. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande del 18 de mayo

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

4.7 Caudales mensuales del Río Pindo Grande

En la **figura 10** se representan los valores de caudales (m³/s) que son el resultado de la velocidad por el área del cauce, donde el mayor caudal se obtuvo en el mes de mayo con **3,67 m³/s** y el menor en el mes de marzo con **0,35 m³/s**. La diferencia de caudales encontrados en el río Pindo Grande, describe que van desde 0,35 m³/s a 3, 67 m³/s lo cual puede deberse principalmente a variaciones dentro de la lluvia, esto puede darse ya que según (Rodríguez & Franco, 2013) indica que el incremento de los caudales puede ir variando o creciendo debido a que existe el aporte de los afluentes naturales o de aguas subterráneas en la zona.

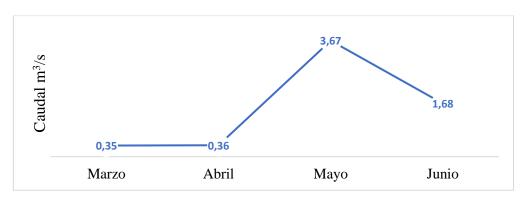


Figura 10. Valores de caudales (m3/s) mensual del río Pindo Grande

4.8 Caudales estimados a las diferentes cotas del aforado hidrométrico

En la **tabla 7** se determinó valores de los caudales sin efecto de laminación y en función de la altura cada 0,10 m desde el espejo de agua hasta 1,02 m con un caudal mayor de **17,52 m³** / s y un caudal menor de **0,57 m³** / s a 0 m. Por lo que estos valores demuestran que el afluente en el embalse se encuentra en condiciones normales es decir cuando no se ha registrado una crecida en la zona de estudio.

Tabla 7. Valores de caudales en función de la altura.

Altura (h)	Caudal sin laminación (Q)
0 m	$0.57 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,10 m	$1,26 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,20 m	$2,19 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,22 m	$2,54 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,32 m	$3,20 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,42 m	$4,41 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,52 m	5,98 m ³ /s
0,62 m	$7,84 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,72 m	$9,94 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,82 m	12, 25 m ³ /s
0,92 m	$14.8 \text{ m}^3/\text{ s}$
1,02 m	$17,52 \text{ m}^3/\text{ s}$

4.9 Caudales teniendo en cuenta el efecto de laminación

En la **tabla 8** se determinaron valores de los caudales con efecto de la laminación siendo este de 0,80 (80 %) y en función de la altura cada 0,10 m desde el espejo de agua hasta 1,02 m con un caudal mayor de **14,02 m³/s** y un caudal menor de **0,46 m³/s** a 0 m. Este resultado coincide según lo indica (Ortiz, 2015) realizado en Quito, debido a que el efecto de laminación es un fenómeno por el cual, el caudal que ingresa al embalse será mayor que caudal que sale del misma, además es importante mencionar que a mayor longitud del cauce se aumentará el efecto de laminación.

Tabla 8. Valores de caudales con efecto de laminación.

Altura (h)	Caudal con laminación (0,80)
0 m	$0.46 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,10 m	$1,01 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,20 m	$1,75 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,22 m	$2,03 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,32 m	$2,56 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,42 m	$3,53 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,52 m	$4,78 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,62 m	$6,27 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,72 m	$7,95 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,82 m	$9,80 \text{ m}^3/\text{ s}$
0,92 m	$11,84 \text{ m}^3/\text{ s}$
1,02 m	$14,02\text{m}^3/\text{s}$

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

4.10 Valores de distancias y caudal del recorrido del flotador.

En la **tabla 9** se obtuvo como resultado distancias y caudales del recorrido que tendrá el flotador por lo que al tener un caudal máximo de **18,5 m3/s** el flotador recorrerá **1,30 m** y al tener un caudal mínimo de **1,58 m3/s** este recorrerá **0,14 m**. Por lo tanto, estos valores significan que al llegar a un caudal máximo de **18,5 m3/s** se suscitaran crecidas en la toma de captación de agua donde se instalará el aforador hidrométrico y este dará una alarma en el sector permitiendo tomar acciones ante posibles inundaciones cuando se presenten aumentos en el nivel del cauce (crecida). Mientras que en la **figura 11** se muestra la propuesta de un aforador hidrométrico diseñado en AutoCAD versión Q.47.0.0 tomando en

cuenta los datos calculados de distancias y caudal detallados en la tabla 9 en función al recorrido del flotador.

Tabla 9. Valores de distancia y caudal del recorrido del flotador

Distancia	Caudal (Q)
0,14 m	$1,58 \text{ m}^3/\text{s}$
0,28 m	$2,86 \text{ m}^3/\text{s}$
0,31 m	$3,18 \text{ m}^3/\text{s}$
0,45 m	$4.0 \text{ m}^3/\text{s}$
0,59 m	$5,51 \text{ m}^3/\text{s}$
0,74 m	$7,48 \text{ m}^3/\text{s}$
0,88 m	$9.8 \text{ m}^3/\text{s}$
1,02 m	$12,43 \text{ m}^3/\text{s}$
1,16 m	$15,31 \text{ m}^3/\text{s}$
1,30 m	$18,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

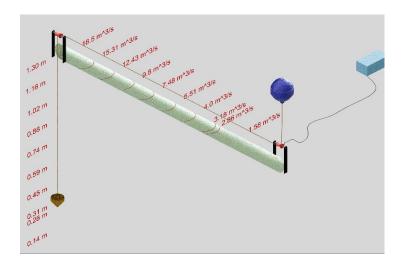


Figura 11. Propuesta de un aforador hidrométrico en la Estación Biológica Pindo Mirador.

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

Para el diseño del aforador hidrométrico se basó en valores obtenidos según las características morfológicas: área del embalse tomando como referencia la máxima de crecida de 576 m², medición de los caudales (batimetría cada 30 cm), modelamiento en el programa HEC-HMS versión 4.2.1 teniendo en cuenta los componentes para el modelo de cuenca, modelo meteorológico, modelo de control, estimación de datos de precipitación y simulación de los hidrogramas. El mismo que sirvió para la estimación de los caudales y distancias del recorrido del flotador. Finalmente, como se menciona en el anexo 3 la tabla

13 el mismo que ayudo a determinar el diseño del aforador hidrométrico considerando que para la implementación se debe tener en cuenta las condiciones geográficas, topográficas y recursos de la zona.

4.11 Modelamiento con HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System).

Para el modelamiento SCS del componente del modelo de la cuenca se generó una subcuenca denominada Pindo 1 y se utilizó los valores que se muestra en la tabla 10 como: área 6,4 m², tiempo de concentracion 36 minutos y número de curvas IDF (36) tomadas de la investigación de (Yánez & Tapia, 2017) ya que estos autores realizaron un estudio en la parte alta de afluente donde se encuentran el río Pindo Grande y el río S/N que alimentan al cauce del embalse en el cual se implementará el aforador hidrométrico. También se ingresó valores para el modelo meteorológico donde se especificó el nombre del hidrograma (Pindo). Además se registró valores para la especificación de control estimando un intervalo de tiempo de 1 hora empezando a las 00:00 hasta las 23:00 horas, teniendo como fecha de inicio el 1 de enero hasta el 3 de enero, posteriormente se ingresó los valores de precipitaciones en intervalos de 2 milímetros por hora hasta llegar a 96 milímetros por hora y finalmente se realizó la simulación en el programa HEC - HMS obteniendo como resultado la **figura 12** con el cual se determinó que más o menos a una altura de 18 mm por hora no se evidencia un incremento significativo de caudales y que a partir de los 18 mm por hora el caudal empezaría a crecer. Estos valores se detallan en la figura 13 determinando una intensidad máxima de 96 milímetros por hora y un caudal máximo de 166,2 m3/s, mientras que la intensidad mínima es de 0 milímetros por hora dando como resultado un caudal mínimo de 1,8 m³/s, estos valores nos permitirán evaluar las variaciones en los hidrogramas en base al tiempo y precipitación registrada en la zona de estudio.

Tabla 10. Parámetros para el modelamiento SCS

Parámetro	Resultado
Area (km²)	6,4
Tiempo de concentración (min)	36
Número de curva IDF	36

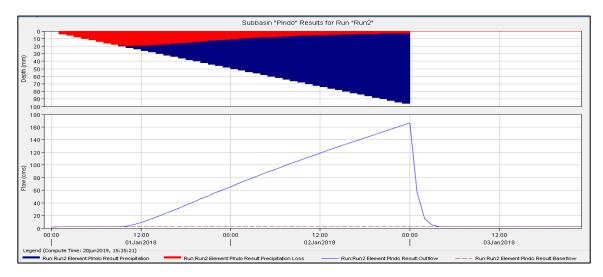


Figura 12. Modelación HEC-HMS durante 24 horas del Río Pindo Grande

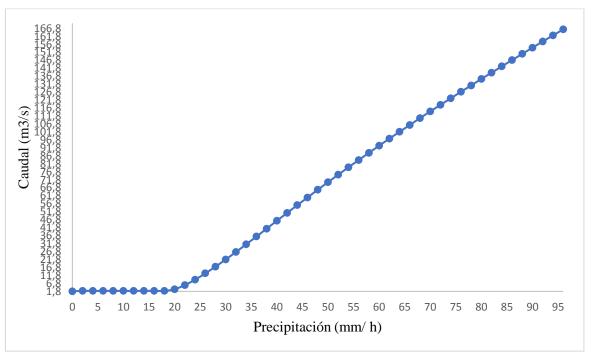


Figura 13. Caudal por milímetro de lluvia del río Pindo Grande

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019

4.12 Relación entre el caudal del recorrido del flotador y la precipitación:

La **figura 14** muestra los caudales que se podrían llegar a registrar en el aforador hidrométrico considerando que la altura de la pared de cemento donde se instalará el aforador es de **1,30 m** el cual quedaría sobrepasado, donde el caudal máximo es de **18,5 m³/s** con una precipitación de 30 mm y un caudal mínimo de **1,58 m³/s** con 0 mm de precipitacion, esta variación de los caudales está asociado a las altas precipitaciones.

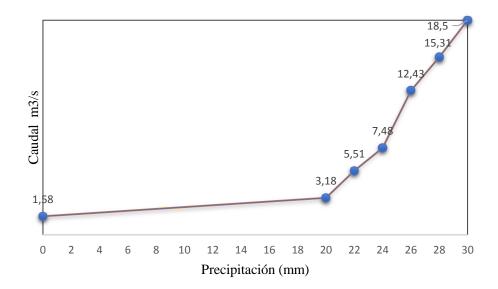


Figura 14. Relación entre el caudal del recorrido del flotador y la precipitación.

4.13 Caudales realizados en el Sector Pindo Mirador (agosto 2018 a junio 2019).

De acuerdo como se han venido realizando estudios en el afluente Pindo Mirador por (Yánez & Tapia, 2017) se complementa en el estudio que manifiestan (Carrión & Grefa, 2019) como se menciona en la **figura 15** donde se muestran los caudales (m³/s) registrados en el año 2019 correspondientes a los meses marzo, abril, mayo y junio del sector. Obteniendo el mayor caudal en el mes de mayo con **3, 67 m³/s** y el menor en el mes de marzo con **0,35 m³/s**, donde la variación del caudal según (Ramón, 2015) se evidencian por las precipitaciones que caen en la superficie de la tierra formando escorrentías que pueden ser superficiales y subterráneas permitiendo que ambas interactúen entre sí y por acción de la gravedad fluyan hacia el cauce más cercano.

Mientras que en la **figura 16** representa los caudales de los meses: julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre (2017) y enero, febrero (2018). Encontrando el máximo caudal en el mes de enero con 2,08 m³/s y el caudal mínimo de 1 m³/s en los meses de febrero y julio se estimaron valores.

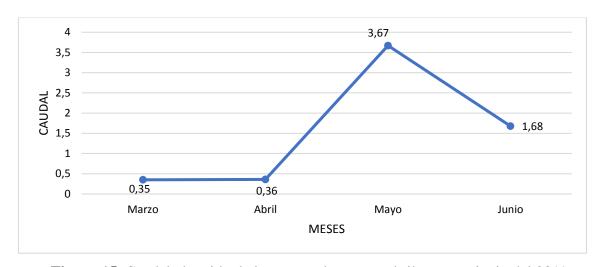


Figura 15. Caudal obtenido de los meses de marzo, abril, mayo y junio del 2019.



Figura 16. Caudal obtenido de los meses de julio, agosto, septiembre, octubre noviembre, diciembre (2017) y enero, febrero (2018).

Fuente: (Yánez & Tapia, 2017)

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se concluye que la investigación en el área de la cuenca del río Pindo Grande es de tipo exorreica y de tamaño muy pequeño, con una zona del embalse de 217,8 m², longitud del río 4,7 km, coeficiente de rugosidad 0,033, pendiente de 7,8 % y el tiempo de concentración de 0,5945 horas (36 minutos), datos que nos permite determinar cuánto tardara en llegar la onda de agua de crecida desde la parte más alta hasta la toma de captación del área de estudio.
- En la investigación realizada se estimaron las cotas o distancias en la pared de cemento donde se instalará el aforador hidrométrico que será ubicado a la salida del abrevadero, generando un caudal máximo de 18,5 m³/s cuando el flotador haya recorrido 1,30 m mientras que para un caudal mínimo de 1,58 m³/s este recorrerá 0,14 m.
- Se diseño el aforador hidrométrico mediante el programa de AutoCAD Q.47.0.0, a través de las características morfológicas y parámetros que ayudaron a instalar el aforador, las mismas que fueron el embalse con una área de 576 m², un resultado de pendiente de 0,02, en un tiempo de concentración de 36 minutos el mismo que ayudo a dar una estimación de caudal usando el coeficiente de rugosidad de n= 0.033 y al finalizar se desarrolló con todos estos datos obtenidos el modelamiento en el programa HEC-HMS versión 4.2.1.

5.2 Recomendaciones

- Una vez desarrollado el estudio se recomienda realizar mediciones constantes del
 caudal para prevenir desastres ocasionados por los eventos torrenciales en el río
 Pindo Grande se sugiere que los responsables netamente sean los GADs cantonales
 de Puyo y Mera quienes serán los encargados de vigilar y controlar estos datos o
 acontecimientos.
- Se recomienda implementar esta propuesta para otros estudios y que conjuntamente con los GADs municipal de Pastaza se diseñe e implemente el mismo aforador hidrómetrico que ayudará a tener medidas inmediatas en posibles desastres.
- Se recomienda que el aforador hidrométrico propuesto sea instalado en sitios que sean de fácil acceso, tramos rectos, cauce estable, para así obtener datos de las características morfológicas y parámetros de estimación del caudal, además se debe considerar el peso de la plomada, siendo esto dirigido a los encargados del departamento de infraestructura del GADs Municipal de Pastaza.

CAPÍTULO VI.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abril, R. (2012). Estudio de Impacto Ambiental Ex Post en dique del río Pindo en Shell cantón Mera (tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica del Ejercito, Ecuador.

Aroquipa, A. (24 de mayo de 2016). *Hidrograma*. Recuperado de https://es.slideshare.net/AngelAroquipa/capitulo-6-hidrograma

Brieva, C. (Junio de 2018). Caracterización de cuencas: PNAGUA- PE 1133022 "Caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológica en cuencas". Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/caracterizacion_de_cuencas_0.pdf

Carvallo, P., & Delgado, J. (2013). Estudio Hidrológico-Hidraúlico del puente sobre el río Jadán, Parroquia Jadán, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.

Castillo, J. (25 de Junio de 2013). *Tiempo de concentración*. Recuperado de https://es.scribd.com/doc/122181261/Tiempo-de-concentracion

Centeno, M. (2015). Análisis hidrólogico - hidraúlico para los puentes en zonas de inundación generadas por el proyecto "Pacalori" (tesis de pregrado). Cuenca.

CONAGUA. (06 de Julio de 2017). *Estación Hdrométrica*. Recuperado de https://www.gob.mx/conagua/articulos/sabes-que-es-una-estacionhidrometrica?idiom=es

Estrada, Y., & Rojas, D. (2013). Comparación entre el método racional y el método del número de curva para la estimación de caudales, caso de estudio puente vehicular del proyecto residencial refugio de Bassedonia I (trabajo de grado para optar al título de Especialista en Recursos Hídricos). Universidad Católica de Colombia.

Hudson. (1997). *Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía*. (Boletín de Suelos de la FAO-68) Capítulo 4 Caudal. Recuperado de http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm

Fundesyram. (2019). *Manual del Manejo de Cuencas*. Recuperado de http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3670

GADMM. (2014). *Municipio de Mera*. Recuperado de https://www.municipiomera.gob.ec/historia.html

Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Delgado, M., & Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Buenos Aires Argentina: Ra ed. Editorial de la Universidad de la Plata.

Gómez, F. (2019). *Levantamiento Topográfico*. Recuperado de https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/

Guzmán, G., & Vera, T. (2013). Estudio del intercambio de agua superficial y agua subterránea en el río Cumbe (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Ecuador.

Herga, C. (2018). *Cuencas Hidrográficas*. Recuperado de https://es.calameo.com/read/0007417878da977e629f2

IGAC. (2019). *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. Recuperado de https://www.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). Anuario Meteorológico. Pág. 42.

Ivan. (12 de Mayo de 2017). *Tiempo de Concentración de la Cuenca*. Recuperado de https://es.scribd.com/document/348153576/Tiempo-de-Concentracion-de-La-Cuenca

Jensen, M. (26 de Junio de 2014). *Coeficientes de Rugosidad para canales*. Recuperado de https://es.scribd.com/doc/202282686/Coeficientes-de-Rugosidad-Para-Canales

León, H. (26 de enero de 2016). *Zonas de vida holdridge*. Recuperado de https://es.slideshare.net/henrypleon3/zonas-de-vida-holdredge

Marroquin, D. (Julio de 2017). *Modelo de un Hidrograma Unitario Sintético en la subcuenca del Río Villalobos, empleando el método Soil Conservation Service* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.

Martínez, E. (2006). Hidrología Práctica.

Mobayed, N., & Quevedo, J. (2013). Formulación de hidrogramas unitarios con base física para la modelacón del escurrimiento pluvial.

Monge,M.(2017). Fundamentos básicos de hidráulica(I). Recuperado de https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/fundamentos-basicos-hidraulica-i

Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica _ Aguas Subterraneas y Acuíferos*. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.gwp.org/globalas

sets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterraneas.pdf&ved=2ahUKEwj _rqvxgrzjAhVPvFkKHWEIABoQFjAAegQIBBAB&usg=AOvVaw2oavXitcJGtoIwoFzu Atzl

Orellana, C. (19 de Febrero de 2016). *Hidrograma Unitario*. Recuperado de https://es.slideshare.net/CinthiaOrellana1/hidrograma-unitario

Ortiz, E. (2015). *Definición de las reglas de Operación Hidraulica del embalse la Esperanza* (tesis de maestria). Escuela Politecnica Nacional, Ecuador.

Ramires, M. C. (06 de Noviembre de 2011). *Coeficiente de Rugosidad*. Recuperado de https://es.scribd.com/doc/71840588/Coeficiente-de-Rugosidad

Ramirez, P. (18 de Noviembre de 2016). *Análisis Parámetros de Relieve*. Recuperado de https://es.scribd.com/document/331487936/Analisis-Parametros-de-Relieve

Ramón, M. (2015). Estimación de la fracción de agua de evento y pre evento que aportan al caudal, mediante el uso de isótopos estables, en la cuenca del río Zhurucay (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Ecuador.

Rivera, S. (2007). *Metodología para el Análisis Hidrológico de Cuencas Rurales de Pequeñas Dimensiones*. Recuperado de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3176/Metodología%20para%20el%20análisis%20hidrológico%20de%20cuencas%20rurales%20de%20pequeñas%20dimensiones.pdf?sequence=1

Rodríguez, L., & Franco, O. (2013). *Análisis de contaminación y modelamiento de O.D. y materia orgánica río Puyo*. Recuperado de https://docplayer.es/84378789-Analisis-decontaminacion-y-modelamiento-de-o-d-y-materia-organica-rio-puyo.html

Salas Salinas, M. A., & Jimenéz Espinosa, M. (2019). *Inundaciones*. México: CENAPRED.

Sperling. (2007). *Planeamiento, Manejo y Gestión de Cuencas_ Cuencas Hidrográficas*. Recuperado de https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/83/2/Unidade_1.pdf

Torrez, N. (2016). *Mecánica de Fluídos _ Ecuación de Manning*. San Felipe. Recuperado de https://es.slideshare.net/ikled/mecnica-de-fluidos-63888905

Vásquez, C. V. (04 de Agosto de 2013). *Estación Hidrométrica*. Recuperado de https://es.scribd.com/document/157958129/Estacion-Hidrometrica

Vera, L. (2002). *Análisis de aforo de la Estación Hidrométrica Obrajillo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.

Villegas, P. (09 de 01 de 2017). Agua & Sig. Recuperado de https://www.aguaysig.com/2017/01/metodo-del-numero-de-curva-del-scs.html

Villodas, R., & Segerer, C. (2011). *Hidrología_Las precipitaciones*. Recuperado de http://www.conosur-rirh.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf

Yánez, J., & Tapia, A. (2017). Estimación de los Hidrogramas Sintéticos en función de las Características Geomorfológicas de la Cuenca del Río Pindo Grande y Afluente S/N (tesis de pregrado). Universidad Estatal Amazónica. Ecuador.

CAPÍTULO VII.

7. ANEXOS

7.1ANEXO 1.

Tabla 11. Cronograma de Actividades

N. Actividades	Fechas	Tareas	Responsables
1	1 29-03-2019	Levantamiento de caudal (batimetría).	Carrión Jessica
		,	Grefa Adriana
2	08-04-2019	Levantamiento topográfico.	Carrión Jessica
_	00 01 2019	Devantamento topogranico.	Grefa Adriana
3	08-04-2019	Levantamiento de caudal (batimetría).	Carrión Jessica
	00 04 2017	Devantamento de caudar (batimetria).	Grefa Adriana
4	17-04-2019	Generación del mapa topográfico.	Carrión Jessica
7	17-04-2019	Generación del mapa topograneo.	Grefa Adriana
5	5 24-04-2019	Estimación de caudales a cada cota de	Carrión Jessica
3		crecido.	Grefa Adriana
6	30-04-2019	Diseño de la estación hidrométrica.	Carrión Jessica
	30-04-2017		Grefa Adriana
7	01-05-2019	Elaboración y Validación de la	Carrión Jessica
	7 01-03-2019	Estación.	Grefa Adriana
8	06-05-2019	Levantamiento de caudal (batimetría).	Carrión Jessica
00-03-2019	00-03-2017	Levantamento de caudar (batimetra).	Grefa Adriana
9	07-05-2019	Análisis estadístico y redacción del	Carrión Jessica
9	07-03-2019	documento final.	Grefa Adriana
10	17-05-2019	Presentación del primer borrador	Carrión Jessica
10	17-03-2019		Grefa Adriana
11	06-06-2019	Levantamiento de caudal (batimetría).	Carrión Jessica
11 0	00-00-2019	Levaniannemo de caudai (vatimetria).	Grefa Adriana

7.2 ANEXO 2.

Tabla 12. Valores del coeficiente de rugosidad (n) de Manning

a) Canales sin vegetación	n
Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación,	
en suelos sedimentarios finos	
Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros ni vegetación,	
con suelos de arcilla duros u horizontes endurecidos	
Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa	
vegetación, en tierra franca arcillosa	0,020
Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular,	
pocas piedras, hierba fina en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y	0,0225
también en canales recién limpiados y rastrillados	
Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelo de grava o	0,025
esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación	
Sección transversal y alineación irregulares, rocas dispersas y grava suelta en	
el fondo, o con considerable vegetación en los márgenes inclinados, o en un	0,030
material de grava de hasta 150 mm de diámetro	
Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en la roca	0,030
(b) Canales con vegetación	
Gramíneas cortas (50-150 mm)	0,030-
Grammeas cortas (50-150 mm)	0,060
G (150.050)	
Gramíneas medias (150-250 mm)	0,085
G (1 (250,600))	
Gramíneas largas (250-600 mm)	0,150
(c) Canales de corriente natural	
Limpios y rectos	
Con muchas hierbas altas, sinuosos	

Fuente: (Hudson, 1997)

7.3 ANEXO 3.

Tabla 13. Materiales propuestos para el diseño del aforador hidrométrico

Tubo metálico 3 pulg	1 flotador de baño
Cuerda 3, 30 m; diámetro 2 mm	Pernos ½ pulg
Plomada 0,5 kilos (500 g)	Platinas
2 poleas	

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

7.4 ANEXO 4.



Figura 17. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande mes de abril

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

7.5 ANEXO 5.



Figura 18. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande mes 08 de mayo.

7.6 ANEXO 6.



Figura 19. Perfil de entrada del cauce del río Pindo Grande mes de junio.

Fuente: (Carrión & Grefa, 2019)

7.7 ANEXO 7.



Figura 20. Perfil de salida del cauce del río Pindo Grande mes de junio

7.8 ANEXO 8. FOTOGRÁFICO



Foto 1. Medición del embalse a la salida del flujo de agua.



Foto 4. Medición del perfil del afluente Pindo Grande.



Foto 2. Medición del perfil del afluente Pindo Grande.



Foto 3. Medición de área del sitio.





Foto 5. Uso del distanciómetro láser para cálculos de distancias y ángulos



Foto 6. Medición de profundidades cada 30 cm en el perfil de entrada al embalse.



Foto 7. Marca de pintura roja cada 10 cm en el muro inferior a la salida del flujo de agua.