



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN
CONSTRUCCIONES**

**“Determinación de la velocidad del flujo en el río
Yanuncay, por el método de flotadores”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autor:

JOSÉ ANDRÉS PLACENCIO GARCÍA

Director:

JAVIER FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA WEBSTER

CUENCA, ECUADOR

2018

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo de grado a mi familia, quienes siempre me supieron apoyar desde el primer día que inicié mi formación profesional, con sus palabras, consejos y ayuda, alcanzando este tan anhelado sueño, a mis abuelos Luciano, Ibelia, Ana y a mi abuelo Alfredo†, quien desde el cielo me seguirá guiando.

A mis padres José y Lorena, por todo su amor, su comprensión, su apoyo incondicional, su ayuda con los recursos necesarios para estudiar, pero sobre todo por su confianza depositada en mí, para llegar a cumplir esta meta, gracias a ustedes por ser mis primeros maestros en la vida, hoy soy un hombre de bien, con principios y valores.

A mis hermanos, quienes de una o de otra manera siempre estuvieron a mi lado, motivándome y apoyándome para cumplir un sueño más en la vida.

A mi amada esposa Germanía y a mis queridos hijos Nicolás y Emilio, quienes, con su apoyo incondicional, su paciencia, su tiempo, sacrificio y esfuerzo, me impulsaron día a día para poder llegar a culminar mi carrera universitaria, siendo mi mayor fuente de motivación e inspiración.

¡Esto es gracias a todos ustedes!

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, quien de una o de otra manera me ha sabido guiar a lo largo de todo este trayecto, dándome las fuerzas para que cada tropiezo lo pueda superar y no desmayar en el intento.

Agradezco a mis profesores, quienes durante mi formación como ingeniero supieron guiarme a lo largo de mi carrera universitaria, con sus conocimientos, sus aportes, consultas y sobre todo por su amistad.

También quiero agradecer de manera muy especial, a mi director de tesis, el Ing. Javier Fernández de Córdova, por su paciencia, dedicación, conocimiento y guía, durante mi formación profesional y para el desarrollo del presente trabajo de grado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.	i
Agradecimientos	ii
Índice de contenidos	iii
Índice de figuras	vi
Índice de tablas	vii
Índice de anexos	x
Resumen	xi
Abstract	xii
Introducción	1
Justificación	2
Alcance	2
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO I	4
ESTADO DEL ARTE	4
1.1 Introducción y propiedades de los canales abiertos	5
1.1.1 Clasificación de los canales abiertos	6
1.1.2 Geometría de los canales abiertos.	6
1.1.3 Clasificación del flujo en canales abiertos	8
1.1.4 Elementos hidráulicos de una sección transversal.	9
1.1.5 Velocidad de un fluido en canales naturales	12

1.2 Métodos de determinación para la velocidad de los fluidos en canales abiertos	13
1.2.1 Método con molinete	14
1.2.2 Método con flotador	19
1.3 Cálculo del caudal	21
1.3.1 Método del área y velocidad promedio	21
1.4 El coeficiente de rugosidad en canales abiertos	22
1.4.1 Ecuación de Chézy	22
1.4.2 Ecuación de Manning	24
1.5 Aplicación de la ecuación de Manning en canales abiertos	28
1.5.1 Factores que afectan el valor del coeficiente n	29
1.5.2 Tabla de coeficientes para n de Manning	30
CAPÍTULO II	31
LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO	31
2.1 Ubicación de las zonas de interés	31
2.2 Actividades de topografía	31
2.2.1 Levantamiento topográfico	32
2.2.2 Procesamiento de información topográfica	33
2.2.3 Replanteo de puntos de control	34
2.3 Aplicación del método con flotador	36
2.4 Aplicación del método con molinete	45
CAPÍTULO III	58
ANÁLISIS, CÁLCULO Y RESULTADOS	58
3.1 Procesamiento de la información recopilada en campo	58
3.1.1 Método con flotador	58
3.2 Determinación de la velocidad del fluido transportado.	61

3.2.1 Velocidad del fluido aplicado el método de flotador _____	61
3.2.2 Velocidad del fluido aplicado el método de molinete _____	67
3.3 Determinación de los elementos hidráulicos del río Yanuncay para los aforos realizados. _____	67
3.3.1 Elementos hidráulicos para el sector de Barabón. _____	67
3.3.2 Elementos hidráulicos para el sector de Misicata. _____	69
3.3.3 Elementos hidráulicos para el sector de la Av. Felipe II. _____	70
3.4 Determinación de los coeficientes de calibración para velocidades en el método con flotador. _____	71
3.4.1 Coeficiente de calibración para el sector de Barabón _____	71
3.4.2 Coeficiente de calibración para el sector de Misicata _____	72
3.4.3 Coeficiente de calibración para el sector de la Av. Felipe II _____	74
3.5 Determinación de los caudales en el río Yanuncay para las zonas de interés. _____	75
3.5.1 Cálculo de caudales por el método con flotador _____	75
3.5.2 Cálculo de caudales por el método con molinete _____	79
3.6 Aplicación de la fórmula de Manning para los resultados obtenidos con los métodos aplicados. _____	85
3.6.1 Método con flotador _____	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	90
BIBLIOGRAFÍA _____	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Canales abiertos de sección geométrica regular.	7
Figura 1.2. Canales abiertos de geometría irregular.	8
Figura 1.3. Sección longitudinal de un canal abierto.	10
Figura 1.4. Nivel hidráulico en un canal abierto.	11
Figura 1.5. Modelo general para distribución de velocidades en un canal natural. ...	12
Figura 1.6. Tipos de molinetes más usados en la hidrometría. a) Molinete de hélice. b) Molinete de cazoleta.	14
Figura 1.7. Subdivisiones de una sección transversal en un canal natural para aforar con el método de molinete.	15
Figura 1.8. Tramo de un canal a aforar con el método de flotador.	19
Figura 1.9. Aplicación del método de sub área en un canal irregular.	20
Figura 2.1. Levantamiento de información topográfica en el sector del puente Barabón.	33
Figura 2.2. a) Modelo topográfico de la zona en estudio, sector puente de Barabón. b) Perfil transversal aguas arriba en el sector puente de Barabón.	34
Figura 2.3. Implantación de la regleta para punto de control aguas arriba en el puente Barabón.	35
Figura 2.4. Flotador de poliestireno expandido y hormigón, elaborado para pruebas de flotación.	36
Figura 2.5. Flotar de botella plástica usado durante pruebas de flotación.	37
Figura 2.6. Flotador de botellón plástico usado para pruebas de flotación.	38
Figura 2.7. a) Verificación de niveles de agua en las zonas de interés. b) Registro de información en hoja de aforo.	40
Figura 2.8. Anemómetro de mano usado durante los aforos con flotador.	40
Figura 2.9. Evidencia de elementos bajo el puente Misicata que limitan el paso continuo del fluido.	44
Figura 2.10. Molinete de cazoleta usado para los aforos	46
Figura 2.11. Aplicación del método con molinete en el puente Barabón.	49
Figura 2.12. Presencia de salto hidráulico en el puente de Misicata, entre las abscisas 6 y 8.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Valor de α para diferentes canales abiertos.....	13
Tabla 1.2. Profundidad de lectura para molinete en función del tirante de agua para canales abiertos.	16
Tabla 1.3. Coeficiente de rugosidad m , para la ecuación de Bazin	23
Tabla 1.4. Coeficiente de rugosidad n , para la ecuación de Manning	25
Tabla 2.1. Ubicación de las zonas de investigación propuestas por funcionarios de la empresa pública ETAPA EP.	31
Tabla 2.2. Coordenadas de ubicación de estación total durante levantamiento topográfico de las zonas de investigación.....	32
Tabla 2.3. Ubicación de punto de control georreferenciados con sistema de coordenadas UTM, datum WGS-84.....	35
Tabla 2.4. Resultados de evaluación a flotadores propuestos.....	38
Tabla 2.5. Formato para aforo por el método con flotador	39
Tabla 2.6. Resumen de aforos realizados en el sector de Barabón, por el método con flotador.	42
Tabla 2.7. Resumen de aforos realizados en el sector de Misicata, por el método con flotador.	43
Tabla 2.8. Resumen de aforos realizados en el sector de Av. Felipe II, por el método con flotador.	45
Tabla 2.9. Formato para aforo por el método con molinete.....	48
Tabla 2.10. Levantamiento de información en campo por el método con molinete en el puente de Barabón.....	50
Tabla 2.11. Levantamiento de información en campo por el método con molinete en el puente de Misicata.....	53
Tabla 2.12. Levantamiento de información en campo por el método con molinete, en el puente de la Av. Felipe II.	56
Tabla 3.1. Resumen de datos luego del procesamiento de información recopilada en el sector puente de Barabón.	59
Tabla 3.2. Resumen de datos luego del procesamiento de información recopilada en el sector puente de Misicata.	60
Tabla 3.3. Resumen de datos luego del procesamiento de información recopilada en el sector puente de la Av. Felipe II.	61

Tabla 3.4. Resumen de cálculo de velocidades para los aforos realizados en el puente de Barabón.	63
Tabla 3.5. Resumen de cálculo de velocidades para los aforos realizados en el puente de Misicata.	64
Tabla 3.6. Resumen de cálculo de velocidades para los aforos realizados en el puente de la Av. Felipe II.....	66
Tabla 3.7. Resumen de elementos hidráulicos en el sector de Barabón para los aforos realizados.....	68
Tabla 3.8. Resumen de elementos hidráulicos en el sector de Misicata para los aforos realizados.....	69
Tabla 3.9. Resumen de elementos hidráulicos en el sector de la Av. Felipe II para los aforos realizados.....	70
Tabla 3.10. Resumen de cálculo del coeficiente de calibración para el sector de Barabón.	72
Tabla 3.11. Coeficiente de calibración asignado para la corrección de velocidad en el sector de Barabón.	72
Tabla 3.12. Resumen de cálculo del coeficiente de calibración para el sector de Misicata.	73
Tabla 3.13. Resumen de cálculo del coeficiente de calibración para caudal en el sector de Misicata.....	74
Tabla 3.14. Resumen de cálculo del coeficiente de calibración para el sector de la av. Felipe II.	74
Tabla 3.15. Cálculo del caudal en el sector de Barabón.	76
Tabla 3.16. Cálculo del caudal en el sector de Misicata.	77
Tabla 3.17. Cálculo del caudal en el sector de la Av. Felipe II.	78
Tabla 3.18. Resumen del caudal transportado en el sector de Barabón, mediante el método con molinete.	80
Tabla 3.19. Resumen del caudal transportado en el sector de Misicata, mediante el método con molinete.	83
Tabla 3.20. Resumen del caudal transportado en el sector de la Av. Felipe II, mediante el método con molinete.	84
Tabla 3.21. Resumen de cálculo del coeficiente de Manning, mediante la aplicación del método con flotador en el sector de Barbón.....	87

Tabla 3.22. Resumen de cálculo del coeficiente de Manning, mediante la aplicación del método con flotador en el sector de Misicata.....	88
Tabla 3.23. Resumen de cálculo del coeficiente de Manning, mediante la aplicación del método con flotador en el sector de la Av. Felipe II.	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapas de ubicación.

Anexo 2: Levantamiento topográfico.

Anexo 3: Registro de aforos.

Anexo 4: Procesamiento de información.

Anexo 5: Cálculo de la velocidad.

Anexo 6: Cálculo de los coeficientes de calibración.

Anexo 7: Cálculo del caudal.

Anexo 8: Cálculo del coeficiente de Manning.

Anexo 9: Registro fotográfico.

Anexo 10: Material audiovisual (digital).

**DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO
YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES**

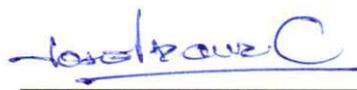
RESUMEN

Este trabajo determina la velocidad del fluido transportado por el río Yanuncay en las zonas susceptibles a inundación: puente de la Av. Felipe II, Misicata y Barabón. Para ello se aplica el método de flotadores que permite realizar aforos con caudales medios y altos, sin embargo, este método presenta variación en los resultados, debido a que en una misma sección del afluente existen diferentes velocidades, para mejorar los resultados se empleó el método de molinete con el cual se determinó un coeficiente de calibración que permitió ajustar los valores de velocidad.

Palabras Clave: velocidad de fluido, aforos, flotadores, molinetes, coeficiente de calibración



Ing. Javier Fernández de Córdova Webster
Director del Trabajo de Titulación



Ing. José Vázquez Calero
Director de la Escuela



Andrés Placencio García

Autor

**ESTIMATION OF FLOW SPEED IN THE YANUNCAY RIVER, USING THE
FLOAT METHOD**

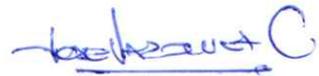
ABSTRACT

This work estimated the speed of fluid carried by the *Yanuncay River* in areas susceptible to flooding: *Av. Felipe II Bridge, Misicata* and *Barabon*. For this purpose, the float method that allows carrying out measurements with medium and high flows was applied. However; this method presented variation in the results because there were different speeds in the same section of the tributary. In order to improve the outcomes, the hydrometric windlass method was used to calibrate the coefficient that allowed adjusting the speed values

Keywords: fluid velocity, gauges, floats, windlasses, calibration coefficient



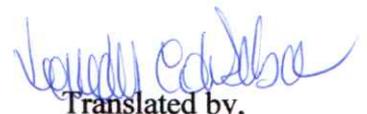
Ing. Javier Fernández de Córdova Webster
Thesis Director



Ing. José Vázquez Calero
School Director



Andrés Placencio García
Author



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Placencio García José Andrés

Trabajo de titulación

Ing. Javier Fernández de Córdova M.Sc.

Enero, 2017

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Cuenca se encuentra rodeada de diferentes cuencas hidrográficas, las mismas que conforman los cuatros ríos principales que atraviesan a la ciudad. Una de las cuencas más importantes es aquella del río Yanuncay, la que nace al oeste de la ciudad y culmina al este, juntándose con el río Tárqui y posteriormente con el Tomebamba. Esta cuenca hidrográfica recibe durante todo el año constantes precipitaciones de diferente intensidad y duración, produciendo aumento en el caudal del afluente, lo cual ha generado durante muchos años desbordamientos, afecciones a los pobladores cercanos a las riveras, y daños a las diferentes obras civiles que posee la ciudad, tales como puentes, alcantarillados y vías.

A fin de mitigar estos riesgos, tanto para la sociedad como para la ciudad, es imprescindible realizar una investigación detallada sobre este afluente y obtener parámetros que se apliquen a la realidad del entorno en estudio. Será necesario conocer las velocidades con las que es transportado el fluido, principalmente en las zonas de mayor vulnerabilidad, durante los periodos de precipitaciones de mayor intensidad, con lo cual se obtendrá el volumen de fluido que transitan durante un determinado tiempo y el coeficiente de rugosidad.

Al tratarse de un curso de agua natural será importante aplicar los criterios de conservación de masas, así como los conceptos de un canal abierto, para lo cual se deberá contar con información primaria de cada punto de interés, siendo entre los

más relevantes datos topográficos, aforos en situ y las diferentes pendientes del tirante de agua, aplicando metodologías de estudio tales como el de flotador y de molinete.

Justificación

Durante los últimos años en la ciudad de Cuenca se han presentado precipitaciones constantes y con un periodo de duración prolongado, lo cual se ha visto reflejado en el crecimiento de los ríos que atraviesan la ciudad, produciendo el desbordamiento de los mismos y convirtiéndose en un potencial riesgo para la sociedad. Es necesario realizar investigaciones, levantar información y determinar parámetros importantes como: pendiente de los ríos, velocidades del fluido transportado, caudales, coeficientes de rugosidad, entre otros, los mismos que deberán ser aplicables a la realidad del medio en estudio.

Alcance

En el río Yanuncay, existen varios sitios susceptibles a fenómenos de inundación, siendo los principales las zonas aledañas a los puentes Felipe Segundo, Misicata y Barabón, lugares en donde se desarrollará esta investigación. Con este proyecto se pretende aportar, con información específica y objetiva de las zonas con mayor vulnerabilidad en la cuenca hidrográfica del río Yanuncay, para que las autoridades de la ciudad de Cuenca, puedan generar medidas ante una posible inundación de las zonas aledañas a este río.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la velocidad del flujo del río Yanuncay en las zonas de mayor vulnerabilidad ante inundaciones, en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.

Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento a detalle del río Yanuncay en las zonas de interés.

- Obtener información de la velocidad con la que es transportada el agua en el río Yanuncay.
- Obtener coeficientes de calibración entre el método de flotadores y de molinetes.
- Determinar el caudal y los coeficientes de rugosidad del río Yanuncay en las zonas de interés para la presente investigación.

CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE

Un canal abierto es considerado como un conducto por el cual se transporta un fluido, generalmente agua, y cuya característica principal, se destaca por poseer una de sus superficies libres, dicho canal puede ser artificial, en el cual existe la intervención del hombre, o puede ser también un canal natural (Chow, 2004).

Siendo un canal natural aquel curso de agua que existe de manera natural en la tierra, desde pequeños arroyos hasta quebradas, ríos y estuarios de mareas, con propiedades hidráulicas muy irregulares (Chow, 2004).

A fin de poder facilitar el estudio de un canal abierto, se establecen las variables de manera esquemática en las secciones transversales del canal, las mismas que se pueden considerar como variables básicas: ancho de fondo; inclinación de talud; coordenadas de las secciones, o también como variables asociadas: área mojada; perímetro mojado; radio hidráulico. Para los canales naturales, debido a su irregularidad hidráulica, es conveniente subdividir la sección transversal en varias secciones más pequeñas, intentando obtener una figura regular y determinar las variables establecidas (Chow, 2004).

Un criterio importante para el análisis de los canales abiertos naturales, es la conservación de masas, donde el caudal que es transportando desde un punto de referencia, es siempre el mismo en toda su longitud, siempre y cuando no existan ni entradas ni salidas laterales (León Mendez & Martínez González , 2013).

En el campo de la hidrología, se establecen los conceptos y métodos de cálculo para determinar los volúmenes de agua que atraviesan por una sección transversal de un río, canal o tubería, durante un lapso de tiempo determinado, llamado caudal, pero para poder aplicar estos conceptos, la hidrología en canales abiertos o en ríos, se apoya en otras ramas de la ingeniería civil, como es la topografía, en donde se determinan secciones longitudinales, secciones transversales, pendientes entre otras, además de otras ciencias como la física, estadística y de aforos en situ (León Mendez & Martínez González , 2013).

Como parte esencial en la medición de los caudales en los ríos o canales abiertos se aplican diferentes metodologías de medición, en las cuales se incorpora el concepto de conservación de masas, siendo entre los más conocidos los métodos del molinete, del flotador y volumétrico. Para el primer método, se pretende conocer la velocidad con la que transita el fluido por una sección conocida. Para el segundo método se pretende conocer el tiempo que tarda un flotador en ser arrastrado por las corrientes del río o del canal abierto, por al menos dos puntos de control, y para el tercer método, se pretende conocer el tiempo que tarda el fluido en completar un volumen conocido, transportado a través de un orificio de diámetro conocido (Rojas Bustamante, 2006).

1.1 Introducción y propiedades de los canales abiertos

Antes de la presencia del hombre sobre la tierra, el agua ocupaba grandes extensiones de la superficie terrestre, como son grandes lagos, mares y océanos, los cuales se formaban mediante la acumulación de agua, proveniente principalmente de los grandes glaciares. Esta agua se transportaba debido a la presencia de dos elementos indispensables, el primero de ellos, a la acción de la gravedad de la tierra sobre el fluido y la segunda, por un medio conductor, como quebradas, riachuelos o ríos de distintos tamaños (Villón Bejar, 2007).

Posteriormente con la presencia del hombre y la creación de las civilizaciones, las necesidades de las poblaciones crecían, entre ellas el consumo de agua, por lo que fue indispensable transportar este elemento de un lugar a otro, para ello el hombre empleaba el uso de diferentes recursos que le permitían realizar esta tarea, como son recipientes, vasijas, o cantaros, lo que resultaba muy laborioso y poco productivo. Con el ingenio de las personas se crearon sistemas más complejos que permitían conducir el agua desde los lagos o ríos en mayores cantidades, usando el mismo principio de los afluentes, con la ayuda de la gravedad y mediante la construcción de una red conductora a la que hoy conocemos como canales (Villón Bejar, 2007).

1.1.1 Clasificación de los canales abiertos

Se considera un canal abierto, a aquel elemento que permite la trasportación de un fluido con una de sus superficies libres, el cual puede ser natural o artificial. (Chow, 2004).

- **Canales abiertos naturales**

Un canal abierto natural, es aquel que ha sido formado naturalmente por la presencia del agua, erosionando el suelo hasta crear un surco en él. Estos canales pueden ser desde pequeños arroyos formados en las partes altas de las montañas, quebradas, riachuelo, ríos de sección transversal pequeño hasta grande, o incluso esteros. (Chow, 2004).

Otro de sus rasgos característicos, son su forma irregular en toda su longitud, y la presencia de elementos como vegetación, piedras o rocas e incluso pueden albergar vida animal, por lo que sus propiedades hidráulicas no son constantes. (Chow, 2004)

- **Canales abiertos artificiales**

Se considera un canal artificial cuando existe la presencia del hombre en la elaboración o construcción de este. Estos canales pueden ser empleados con diferentes propósitos, desde transportar agua para sembríos, para consumo humano, o para servir como medio de navegación, como el Canal de Panamá. Al ser construidos por el hombre, pueden controlarse diferentes aspectos, como su geometría, material, pendientes, capacidad, entre otros, es decir que sus propiedades hidráulicas pueden ser encaminadas en base a las necesidades que se requieran satisfacer (Chow, 2004).

1.1.2 Geometría de los canales abiertos

La geometría de un canal abierto constituye una de sus principales propiedades al momento de estudiar el comportamiento del fluido transportado, por lo que dependiendo de su naturaleza se pueden tener canales de forma geométrica irregular tanto en longitud como en su sección transversal o también, los canales pueden poseer formas geométricas conocidas semejantes a un prisma regular (Chow, 2004).

- **Canales de geometría regular**

Se considera a un canal con geometría regular cuando su sección transversal posee una forma muy semejante a las figuras geométricas planas, como un triángulo, rectángulo, trapecio o circular, como se indica en la figura 1.1. Por lo que en su gran mayoría estos canales son elaborados por el hombre y mantienen su forma constante en toda su longitud. (Chow, 2004).

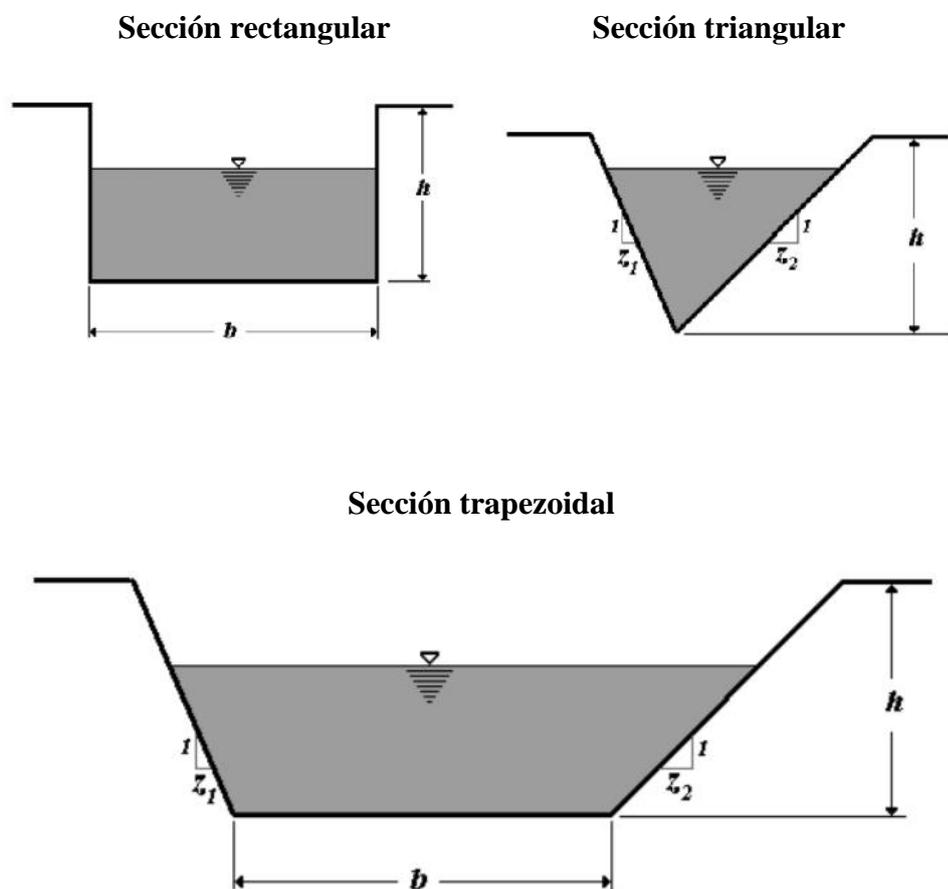


Figura 1.1. Canales abiertos de sección geométrica regular.

Fuente: (Cadavid, Hidráulica de canales: fundamentos, 2006).

- **Canales de geometría irregular**

Generalmente un canal natural posee forma irregular, tanto en su sección transversal como en su longitud, es decir que no se asemeja a una forma geométrica plana conocida. Un canal artificial también puede poseer forma

irregular, ya sea por una disminución o aumento de su sección, o por cambios a profundidad, en la figura 1.2, se representa dicho canal. (Chow, 2004).

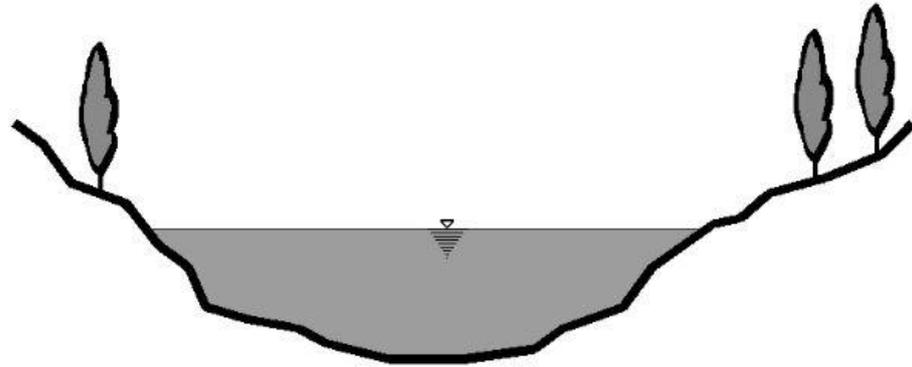


Figura 1.2. Canales abiertos de geometría irregular.

Fuente: (Cadavid, Hidráulica de canales: fundamentos, 2006).

1.1.3 Clasificación del flujo en canales abiertos

El flujo en un canal abierto se caracteriza por poseer una de sus superficies libres, por tal motivo, ésta se encuentra sometida a la presión atmosférica, lo que conlleva a dificultar el cálculo en los canales abiertos con respecto al de un conducto cerrado y también debido a que sus condiciones geométricas y propiedades hidráulicas son variables (Chow, 2004).

1.1.3.1 Tipo de flujos en los canales abiertos

El flujo en un canal abierto se puede clasificar de diferentes maneras, sin embargo, Ven Te Chow (2004) lo cataloga "...de acuerdo con el cambio en la profundidad de flujo con respecto al tiempo y al espacio." (p, 5), teniendo como resultado un grupo de flujo permanente y otro no permanente.

En el primer caso, donde el flujo se considera permanente, se lo obtiene cuando su profundidad no varía o se mantiene constante durante un intervalo de tiempo determinado. Este a su vez se puede sub clasificar en flujo uniforme y en variado, cuando el fluido entra o sale a lo largo de su curso, como es el caso de cunetas de carretera, en canales principales de riego o de drenajes en sistemas de irrigación (Chow, 2004).

En la hidráulica de canales abiertos se considera a un flujo fundamental cuando se encuentra dentro de la clasificación de flujo uniforme permanente, ya que, es aquí

donde se cumplirán la ecuación de continuidad y se podrá establecer la ecuación para el caudal, por tanto, este término se empleará en adelante cuando se trate de canales abiertos.

- **Ecuación para determinar el caudal**

$$Q = V \times A \quad (1)$$

Fuente: (Chow, 2004)

Donde:

Q = caudal o gasto.

V = velocidad media del fluido transportado.

A = Área de la sección transversal de flujo perpendicular a su dirección.

- **Ecuación de continuidad**

$$Q = V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2 \quad (2)$$

Fuente: (Chow, 2004)

1.1.4 Elementos hidráulicos de una sección transversal

Los elementos hidráulicos de una sección transversal de un canal, ya sea este natural o artificial, de sección regular o no, son todos aquellos que se forman a partir de la superficie ocupada por el flujo transportado durante un instante de tiempo determinado (Cadavid, 2006).

1.1.4.1 Sección hidráulica (A)

Es aquella sección transversal de un canal conformado por el fluido transportado durante un instante de tiempo determinado. También se lo conoce como sección o área mojada, teniendo como arista superior el límite del fluido que se transporta y sus otras aristas son aquellas que están conformadas por el canal que lo retiene (Cadavid, 2006).

1.1.4.2 Profundidad de flujo (y)

Considerado también como profundidad de un canal, es aquella distancia vertical entre la superficie libre del fluido y el punto más bajo del canal, la cual es representada comúnmente por la letra “ y ”. Es importante señalar, que esta distancia es diferente de la medida de forma perpendicular a la superficie del fluido o del canal, ya que los canales abiertos, poseen en su longitud, un ángulo de inclinación (θ), para una mejor apreciación de este concepto se indica en la figura 1.3 la profundidad de flujo. (Chow, 2004).

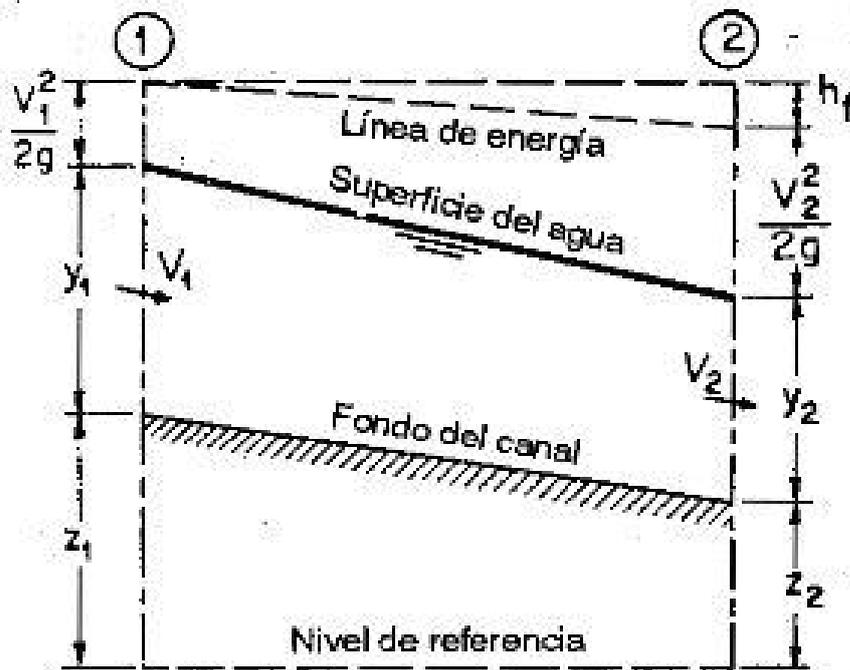


Figura 1.3. Sección longitudinal de un canal abierto.

Fuente: (Chow, Hidráulica de canales abiertos, 2004).

1.1.4.3 Nivel hidráulico (Z_w)

Es la cota en altura que posee la superficie libre del fluido transportado en un sistema de referencia conocido. Dicho sistema de referencia puede ser impuesto, como es el caso de canales abiertos en laboratorio, o en base a un sistema de referencia topográfica o datum, generalmente usado en los canales abiertos en campo, ya sean naturales o artificiales, el cual se representa por la letra “ Z ”. En la figura 1.4 se representa el nivel hidráulico de un canal abierto (Cadavid, 2006).

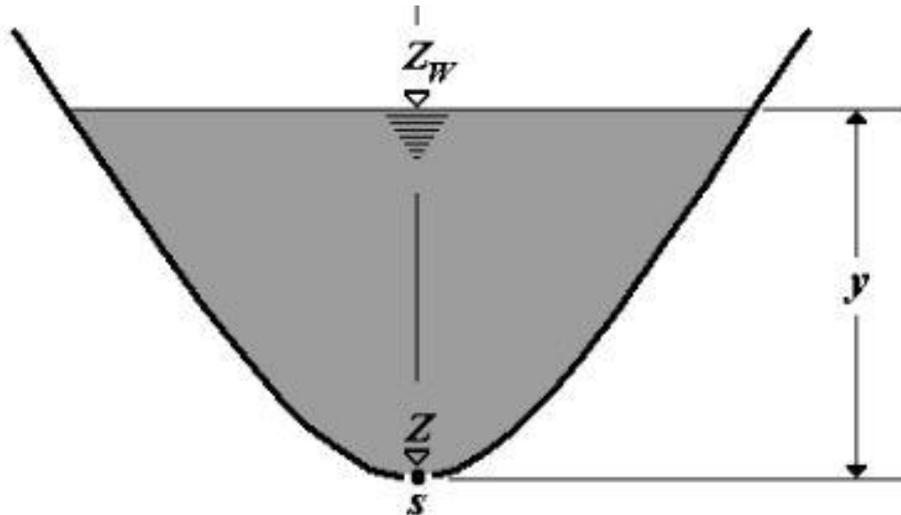


Figura 1.4. Nivel hidráulico en un canal abierto.

Fuente: (Cadavid, Hidráulica de canales: fundamentos, 2006).

1.1.4.4 Ancho superficial (T)

Se considera como ancho superficial, a la distancia medida de la sección transversal en la superficie libre del fluido (Chow, 2004).

1.1.4.5 Perímetro mojado (P)

Es aquella longitud formada por las aristas del canal en contacto con el fluido y su superficie libre (Chow, 2004).

1.1.4.6 Radio hidráulico (R)

Es la relación que existe entre el área mojada y su perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P} \quad (3)$$

Fuente: (Chow, Hidráulica de canales abiertos, 2004).

Donde:

A= área mojada.

P= perímetro mojado.

1.1.4.7 Profundidad hidráulica (D)

Es la relación que existe entre el área mojada y ancho de la superficie.

$$D = \frac{A}{T} \quad (4)$$

Fuente: (Chow, Hidráulica de canales abiertos, 2004).

Donde:

A= área mojada.

T= ancho de la superficie.

1.1.5 Velocidad de un fluido en canales naturales

La velocidad de un fluido, al igual que su presión, son variables fundamentales que se debe conocer a la hora de realizar un estudio hidráulico, por ello se deberá partir de la hipótesis de un modelo de flujo idealizado, el cual contemplará la nulidad de una velocidad del fluido tanto en forma transversal como en vertical, afirmando que el flujo es unidimensional y su único componente de velocidad será colineal con el eje longitudinal del canal, comúnmente denominado V_s (Cadavid, 2006).

1.1.5.1 Distribución de la velocidad

Chow (2004) señala que “debido a la presencia de la superficie libre y a la fricción a lo largo de las paredes del canal, las velocidades en un canal no están uniformemente distribuidas en su sección” (p.24). Partiendo de ello, se conoce que la velocidad máxima se produce entre 0.05 a 0.25 de la profundidad, desde su superficie libre (Chow, 2004), en la figura 1.5 se presenta un modelo general de la distribución de la velocidad en un canal natural.

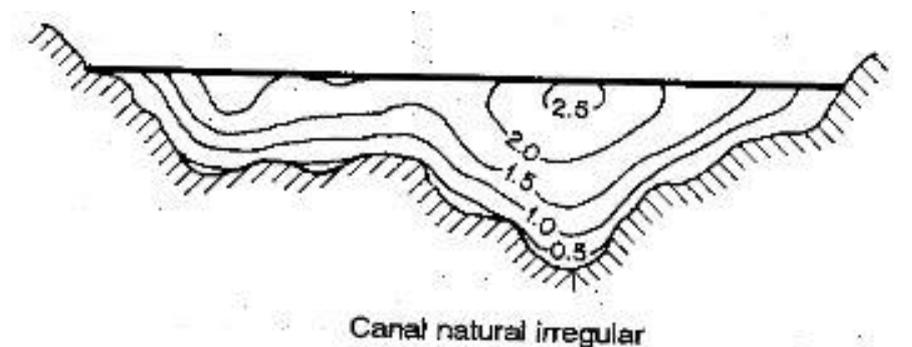


Figura 1.5. Modelo general para distribución de velocidades en un canal natural.

Fuente: (Chow, Hidráulica de canales abiertos, 2004).

La distribución de la velocidad de un fluido dentro de un canal abierto se encuentra también en función de otros aspectos importantes, como son la irregularidad de su sección, la rugosidad que posee el canal o de la presencia de curvas longitudinales (Chow, 2004).

1.1.5.2 Coeficiente de distribución

Para un canal abierto se establece como la altura de velocidad de un fluido en un punto determinado, como $V^2/2g$ (Chow, 2004), donde V es considerada como la velocidad media y g es la aceleración de la gravedad. Usando el principio de conservación de energía y tomando en consideración que no existe cambios en la sección del canal, en su pendiente o en el caudal transportado, en teoría, dicha altura de velocidad deberá ser la misma en un segundo punto.

Pero en la práctica este concepto se ve afectado por la distribución de la velocidad, la misma que no es uniforme, por lo cual es importante establecer un coeficiente de energía al cual se lo denomina α , de esta manera la altura de velocidad real se expresaría como $\alpha V^2/2g$. (Chow, 2004). En la tabla 1.1 se establecen valores para el coeficiente de energía.

Tabla 1.1. Valor de α para diferentes canales abiertos.

Canales	Valor de α		
	Min.	Prom.	Max.
Canales regulares, canaletas y vertederos	1.10	1.15	1.20
Corrientes naturales y torrentes	1.15	1.30	1.50
Ríos bajo cubiertas de hielo	1.20	1.50	2.00
Valles de ríos, inundados	1.50	1.75	2.00

Fuente: (Chow, Hidráulica de canales abiertos, 2004).

1.2 Métodos de determinación para la velocidad de los fluidos en canales abiertos

La hidrometría es una rama de la hidrología que permite medir, calcular y analizar el volumen de un fluido transportado a través de un canal, ya sea este cerrado o abierto, natural o artificial, durante un determinado tiempo (Rojas Bustamante, 2006).

Dicha medición se la conoce con el término de aforo, para lo cual existen diversos métodos y herramientas que permiten determinar la velocidad con la que un fluido es

transportado, cada uno de ellos se aplica a diversas condiciones, ya sea por la precisión que se requiera, la cantidad de caudal transportado o por su costo.

Los métodos más empleados para realizar aforos hidrológicos son:

- Con flotadores
- Con molinete
- Con vertederos
- Volumétricos
- Químicos

1.2.1 Método con molinete

Este método permite determinar la velocidad del fluido transportado en un punto determinado de la sección del canal definido. Para ello se utiliza una herramienta de medición llamado molinete o correntómetro (Rojas Bustamante, 2006), el cual cuenta con una hélice o una cazoleta en su parte superior, que al ser impulsada por la corriente del fluido, esta gira sobre su propio eje y se contabiliza el número de vueltas que da en un determinado tiempo. A fin de evitar el desplazamiento del equipo, debido a la fuerza ejercida por el fluido transportado, se incorpora una masa en su parte inferior, en la figura 1.6 se presenta un modelo de molinete típico, empleado en la hidrometría.

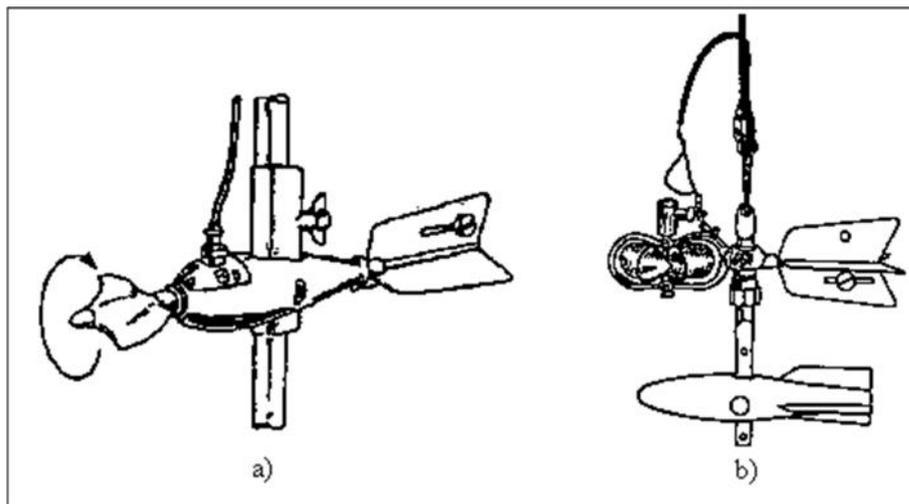


Figura 1.6. Tipos de molinetes más usados en la hidrometría. a) Molinete de hélice. b) Molinete de cazoleta.

Fuente: (Salas, A.F.,Urrestarazu, L. P., 2017).

1.2.1.1 Aplicación del método con molinete

Antes de iniciar con la aplicación de este método, es importante establecer la sección de aforo, el cual deberá reunir en lo posible las siguientes características, establecidas por la Organización Meteorológica Mundial (2011):

- “La velocidad en todos los puntos serán paralelas entre sí y normales a la sección transversal de la corriente.
- Las curvas de distribución de velocidades en la sección serán regulares en los planos verticales y horizontales.
- Las velocidades serán superiores a 0.15 m/s.
- El lecho del canal será regular y estable.
- La profundidad de flujo será superior a 0.3m.
- No habrá formas de vida acuáticas.
- La formación de nieve gruesa de cristales de hielo será mínima.” (p, I.5-5)

1.2.1.2 Determinación de la sección transversal a aforar

Una vez establecido el lugar donde se realizará el aforo, en lo posible se deberá contar con un levantamiento topográfico de la sección.

Al ser un método de medición en un solo punto, es importante establecer un número de sub áreas, que permitirá la exactitud del aforo. Para ello el intervalo entre dos verticales no deberá superar a 1/20 del ancho total, y el caudal que transite por cada vertical no será mayor al 10% del caudal total (Organización Meteorológica Mundial, 2011) en la figura 1.7 se presenta el esquema de una sección transversal para aforar con el método de molinete.

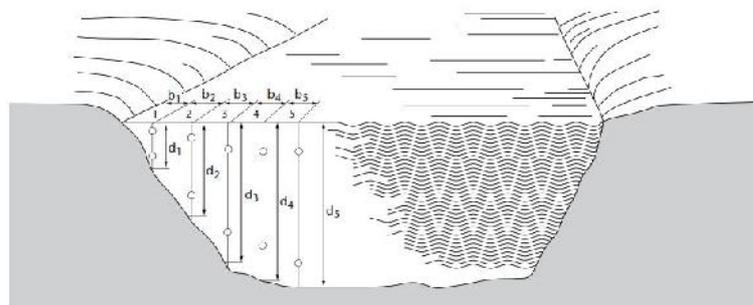


Figura 1.7. Subdivisiones de una sección transversal en un canal natural para aforar con el método de molinete.

Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

Para obtener la distancia entre las verticales o segmentos de la sección, se deberá contar con un punto fijo en una de las orillas del canal, y posteriormente, de ser posible, usar una cinta graduada, un alambre graduado o con marcas efectuadas en los pasamanos de un puente. Cuando los canales poseen una sección muy ancha se podrá hacer uso de sistemas de telemetría o de triangulaciones (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

Para la medición de la profundidad del lecho del canal, dependerá del tipo de molinete a usar, si este es mediante vadeo o de hélice, se medirá directamente con una varilla graduada, pero si el molinete usado es uno tipo cazoleta, se deberá descender el molinete hasta que la masa en su parte inferior llegue a tocar la superficie del fluido, donde se dará inicio a la lectura y posteriormente se deberá descender hasta el lecho del canal (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

1.2.1.3 Medición de la velocidad del fluido transportado

Las mediciones de la velocidad se deberán realizar al menos una vez en cada punto de la vertical o en cuyo caso se podrá realizar tomando en cuenta la altura del tirante de agua, como se indica en la tabla 1.2 y se deberá contar las revoluciones del rotor durante al menos 30 segundos (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

Tabla 1.2. Profundidad de lectura para molinete en función del tirante de agua para canales abiertos.

Tirante de agua (d)	Profundidad de lectura del Correntometro
Cm 1	cm
< 15	d/2
15<d<45	0,6d
>45	0,2d y 0,8d o 0,2d,0.6d y 0.8d

Fuente: (Rojas Bustamante, 2006).

1.2.1.4 Método de cálculo para determinar la velocidad media en una vertical

La Organización Meteorológica Mundial (2011), establece los siguientes métodos para calcular la velocidad media en una vertical.

- “Método de distribución de velocidades
- Método de un número discreto de puntos
- Método de integración” (p, I.5-7)

El método de cálculo va a depender principalmente de la precisión requerida, así como de los elementos naturales que intervengan en el canal, como son la presencia de capas de hielo, la altura del tirante, condiciones del lecho y también dependerá del tiempo que se disponga (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

1.2.1.4.1 Método de distribución de velocidades

Para este método se deberá realizar mediante observación directa de la velocidad que posee el fluido en cada punto de las verticales medidas, es decir, en cada punto entre su superficie libre y el lecho del canal, así como en cada vertical que se haya establecido. Posteriormente se deberá representar de manera gráfica la velocidad observada y la velocidad media se calculará dividiendo el área de la gráfica para la profundidad (Organización Meteorológica Mundial, 2011), de lo cual se obtendrá como resultado una gráfica similar al de la figura 1.5.

1.2.1.4.2 Método de un número discreto de puntos

Este método se podrá efectuar para un solo punto, es decir a 0.6 la altura del tirante de agua medido desde la superficie libre, dicho valor se podrá considerar como la velocidad media de la vertical medida (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

$$V_m = v_{0.6} \quad (5)$$

Fuente: (Villón Bejar, 2007)

Donde:

V_m = Velocidad media

$V_{0.6}$ = Velocidad medida a una profundidad de 0.6 de la profundidad total, medida con respecto a la superficie libre.

Cuando se ha realizado en dos puntos de la vertical, es decir a 0.2 y a 0.8 de la altura del tirante de agua medido desde la superficie libre, se podrá obtener la velocidad media del promedio entre los dos puntos (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

$$V_m = \frac{v_{0.2} + v_{0.8}}{2} \quad (6)$$

Fuente: (Villón Bejar, 2007)

Donde:

V_m = Velocidad media

$V_{0.2}$ = Velocidad medida a 0.2 de la profundidad con respecto a la superficie.

$V_{0.8}$ = Velocidad medida a 0.8 de la profundidad con respecto a la superficie.

En el caso de contar con información de la vertical en tres puntos, es decir a 0.2, 0.6 y 0.8 de la altura del tirante de agua, se podrá obtener la velocidad media promediando las tres velocidades. (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

$$V_m = \frac{v_{0.2} + v_{0.6} + v_{0.8}}{3} \quad (7)$$

Fuente: (Villón Bejar, 2007)

Donde:

V_m = Velocidad media

$V_{0.2}$ = Velocidad medida a 0.2 de la profundidad con respecto a la superficie.

$V_{0.6}$ = Velocidad medida a 0.6 de la profundidad con respecto a la superficie.

$V_{0.8}$ = Velocidad medida a 0.8 de la profundidad con respecto a la superficie.

1.2.1.4.3 Método de integración

Este es un método poco empleado, principalmente cuando se posee un molinete de eje vertical o de cazoleta, ya que, para aplicar este método, es necesario desplazar el molinete de manera vertical y a una velocidad constante en toda la profundidad de la vertical, lo cual afectaría el movimiento del rotor. Adicionalmente si se aplicará este método de cálculo, se deberá considerar que la velocidad vertical no sea superior al 5% de la velocidad media del flujo y estará entre 0.04 y 0.10 m/s (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

1.2.2 Método con flotador

Consiste en la aplicación de un elemento de flotación cuyo material podría ser corcho, madera (Rojas Bustamante, 2006), poliestireno expandido o incluso botellas plásticas selladas.

Su aplicación se la realizará en caso de no poder aplicar el molinete ya sea por velocidades o profundidades inadecuadas o cuando exista la presencia de cuerpos suspendidos (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

1.2.2.1 Aplicación del método con flotador

El aforo a realizar con este método deberá contar con un tramo recto lo suficientemente prolongado, tal como se indica en la figura 1.8, esto con la finalidad de garantizar la flotación del elemento usado en al menos 20 segundos, este tiempo podrá ser menor en ríos pequeños donde las grandes velocidades impidan la selección de un tramo rectilíneo (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

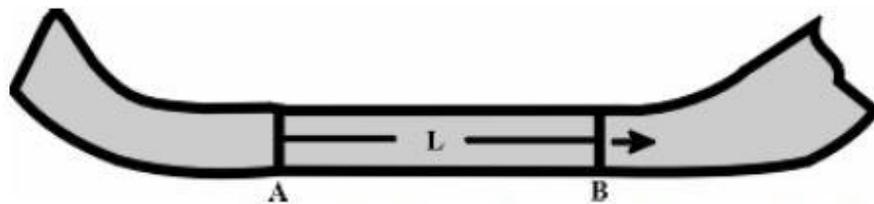


Figura 1.8. Tramo de un canal a aforar con el método de flotador.

Fuente: (Villón Bejar, 2007).

1.2.2.2 Determinación de las secciones

Para este método es necesario contar con al menos tres secciones transversales del canal, las mismas que deberán encontrarse dentro del tramo recto que se haya elegido, garantizando el periodo de flotación ya mencionado. Además será importante conocer el área de cada sección, en el caso de los canales de geometría regular, se podrá emplear su formulación directa y en el caso de los canales irregulares, como ríos, se podrá emplear el método de la sub área, dividiendo en figuras conocidas como el trapecio, en la figura 1.9 se representa dicho método, o de ser posible realizar un levantamiento topográfico a detalle en épocas de verano o cuando el caudal sea bajo.

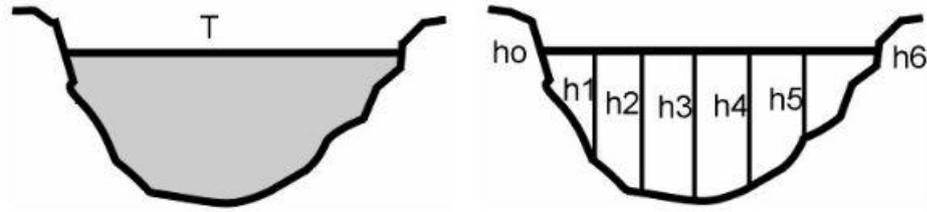


Figura 1.9. Aplicación del método de sub área en un canal irregular.

Fuente: (Villón Bejar, 2007)

1.2.2.3 Características de los flotadores

Para este método de aforo se podrá utilizar flotadores superficiales, los mismos que la Organización Meteorológica Mundial (2011) los describe a aquellos que “...tienen una profundidad de inmersión inferior a la cuarta parte de la profundidad del agua.”(p, I.5-11), estos no se podrán emplear con la presencia de viento cuando su velocidad sea superior a 0.2m/s (Oficina Nacional de Normalización, 2004). También es posible emplear flotadores de varilla, los mismos que poseen una profundidad de inmersión mayor a la cuarta parte de la altura del tirante.

1.2.2.4 Método de cálculo para determinar la velocidad media

Según la Organización Meteorológica Mundial (2011), establece que “La velocidad del flotador es igual a la distancia entre secciones transversales dividida por el tiempo de desplazamiento” (p, I.5-11). Para ello será necesario obtener al menos cinco datos de velocidad en cada segmento, del cual la media aritmética se deberá multiplicar por un coeficiente el mismo que de ser posible se determinará implementando el método con molinete y posteriormente efectuar el cálculo del caudal (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

$$V_m = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \quad (8)$$

$$v_i = \frac{L}{t_i} \quad (9)$$

Donde:

V_m = Velocidad media.

v_i = Velocidad calculada para un flotador en una determinada vertical.

L = Longitud entre dos secciones transversales consecutivas.

t_i = Tiempo medido para un flotador en una determinada vertical.

1.3 Cálculo del caudal

Existen varios métodos que se pueden emplear para determinar el gasto o caudal transportado por un canal abierto, algunos de estos métodos emplean formulas complejas o la aplicación de variables que no se pueden obtener con facilidad, no obstante en el presente documento, profundizaremos la aplicación del método por área y velocidad promedio (Villón Bejar, 2007).

1.3.1 Método del área y velocidad promedio

Es imprescindible conocer dos variables importantes, que como su nombre lo indica, serán la velocidad del fluido transportado y el área de la sección transversal que lo alberga, para lo cual se podrá seguir las siguientes recomendaciones de cálculo:

- Determinar la velocidad media de cada vertical, implementando cualquiera de los métodos indicados con anterioridad.
- Calcular la velocidad promedio de la sección aforada
- Cuando se emplea el método con molinete se deberá determinar el área de la sección transversal, ya sea esta por su formulación directa en el caso de canales regulares, o por el método de sub áreas o del trapecio, cuando se trate de canales irregulares o de ser posible mediante topografía detallada de la sección.
- Si se emplea el método con flotadores, será importante conocer las áreas de las secciones transversales establecidas, para lo cual se podrá optar por usar su formulación directa en el caso de canales regulares o cualquiera de los otros métodos indicados cuando se trate de canales irregulares, posteriormente se deberá conocer el área media entre dos secciones consecutivas.

$$A_m = \frac{A_i + A_{i+1}}{2} \quad (10)$$

Fuente: (Villón Bejar, 2007)

- Para calcular el caudal transportado se aplica su formulación directa

$$Q = V \times A \quad (11)$$

Fuente: (Chow, 2004)

1.4 El coeficiente de rugosidad en canales abiertos

Cuando se habla de la velocidad de un flujo en condiciones uniformes, existen diversas maneras de obtener su resultado, las cuales pueden ser de manera directa, como las mencionadas anteriormente o mediante mediciones indirectas, aplicando ecuaciones prácticas desarrolladas por diferentes autores, las cuales permiten aproximarse a valores reales, dichas ecuaciones se las conoce como ecuaciones de flujo uniforme, siendo entre las más conocidas y utilizadas las ecuaciones de Chézy y de Manning (Chow, 2004).

Estas ecuaciones consideran las propiedades geométricas de los canales y sus condiciones hidráulicas, además, se incorpora un factor de resistencia generado por el canal, en sentido opuesto al del flujo, esto se debe al material del cual está conformado, conocido como rugosidad o coeficiente de rugosidad.

1.4.1 Ecuación de Chézy

La ecuación de Chézy, se fundamenta en dos suposiciones, la primera de ellas la describe Ven Te Chow (2004) como "...la fuerza que resiste el flujo por unidad de área del lecho de la corriente es proporcional al cuadrado de la velocidad..." (p,91). Mientras que la segunda suposición se basa en el principio básico del flujo uniforme, donde la componente que genera el flujo debe ser igual a la fuerza total de resistencia, (Chow, 2004) teniendo como resultado la siguiente ecuación simplificada de Chézy

$$V = C\sqrt{R \cdot S} \quad (12)$$

Fuente: (Chow, 2004)

Donde:

V = Es la velocidad media.

R = Es el radio hidráulico.

S = Es la pendiente de la línea de energía.

C = Es un factor de resistencia al flujo.

Para lo cual muchos autores han tratado de determinar el valor de C, siendo entre los más importantes los detallados a continuación:

- **La ecuación de Ganguillet y Kutter**

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S_0}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S_0}\right) \times \frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (13)$$

Fuente: (Chow, 2004)

Donde:

S₀ = Es la pendiente

R = Radio hidráulico

n = Coeficiente de rugosidad

- **La ecuación de Bazin**

$$C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \quad (14)$$

Fuente: (Chow, 2004)

Donde:

m = es un coeficiente de rugosidad, en la tabla 1.3 se expresan valores propuestos por Bazin

Tabla 1.3. Coeficiente de rugosidad m, para la ecuación de Bazin

Descripción del canal	m de Bazin
Cemento muy suave con formaleta de madera cepillada	0.11
Madera sin cepillar, concreto o ladrillo	0.21
Mampostería en bloques de piedra o de piedra y ladrillo mal acabado .	0.83
Canales en tierra en perfectas condiciones	1.54
Canales en tierra en condiciones normales	2.36
Canales en tierra en condiciones rugosas	3.17

Fuente: (Chow, 2004)

1.4.2 Ecuación de Manning

Quizá, sea la expresión más empleada en el cálculo de canales abiertos, debido a su simplicidad y a los resultados satisfactorios que se han obtenido durante un sin número de aplicaciones prácticas, la cual ha sido desarrollada por Robert Manning, expresada en su forma más sencilla, de la siguiente manera:

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \quad (15)$$

Fuente: (Chow, 2004)

Donde:

V = Velocidad media

R = Radio hidráulico.

S = Pendiente de la línea de energía.

n = Coeficiente de rugosidad.

En la tabla 1.4, se expresa una lista de valores de n que se podrán asumir cuando no sea posible obtener información directa del canal.

Tabla 1.4. Coeficiente de rugosidad n , para la ecuación de Manning

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A-1. Metal			
<i>a.</i> Latón, liso	0.009	0.010	0.013
<i>b.</i> Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
<i>c.</i> Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
<i>d.</i> Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
<i>e.</i> Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
A-2. No metal			
<i>a.</i> Lucita	0.008	0.009	0.010
<i>b.</i> Vidrio	0.009	0.010	0.013
<i>c.</i> Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
<i>d.</i> Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
<i>e.</i> Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
<i>f.</i> Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	0.013	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
<i>g.</i> Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
<i>h.</i> Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
<i>i.</i> Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
<i>j.</i> Mampostería de piedra, cementada	0.018	0.025	0.030

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	0.500

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<i>b.</i> Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Forido: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
D-2. Planicies de inundación			
<i>a.</i> Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
<i>b.</i> Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
<i>c.</i> Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
<i>d.</i> Árboles			
1. Saucos densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de <i>n</i> es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
<i>a.</i> Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	0.060
<i>b.</i> Sección irregular y rugosa	0.035	0.100

Fuente: (Chow, 2004)

1.5 Aplicación de la ecuación de Manning en canales abiertos

Al no existir un método de cálculo exacto que permita determinar los valores reales del coeficiente de rugosidad *n*, éste genera dificultad a la hora de aplicar la ecuación de Manning, para ello Chow (2004) considera cuatro enfoques generales que se deberán implementar a la hora de asumir un valor de *n*.

- 1) Entender los factores que afectan el valor de *n* con el fin de adquirir el conocimiento básico del problema y disminuir el rango de incertidumbre.
- 2) Consultar una tabla de valores comunes de *n* para canales de diferentes tipos.
- 3) Examinar y familiarizarse con la apariencia de algunos canales comunes cuyos coeficientes de rugosidad se conocen.

- 4) Determinar el valor de n mediante un procedimiento analítico basado en la distribución de velocidades teóricas en la sección transversal de un canal y en los datos de medición de velocidad o de rugosidad. (p,99)

1.5.1 Factores que afectan el valor del coeficiente n

Cuando se trata de asumir un valor para el coeficiente de rugosidad n , resulta complejo asumirlo de manera directa, ya que se debe tomar en cuenta varios factores que se ven involucrados, estos son en su mayor parte debidos a las características físicas que posee el canal y a agentes externos del mismo, como la vegetación, sedimentos o a elementos que obstaculicen el libre flujo (Chow, 2004).

1.5.1.1 Rugosidad superficial

Es aquella que se presenta debido a la forma y tamaño de los granos del material que conforman el canal en estudio, generalmente cuando se trata de canales cuya composición es de materiales finos el valor de n es relativamente bajo. Lo opuesto sucede cuando la composición de la superficie del canal está conformada por material granular o cantos de tamaño considerable, el cual es el caso de los afluentes o ríos de las regiones montañosas (Chow, 2004).

1.5.1.2 Vegetación

Se considera como una clase de rugosidad, ya que impide el libre flujo y reduce notablemente las capacidades del canal y dependerá notablemente de la densidad, la distribución y el tipo de vegetación que se encuentre involucrada (Chow, 2004).

1.5.1.3 Irregularidades en el canal

Son aquellas producidas por la presencia de elementos como barras de arena, fosos o montículos que modifican las condiciones hidráulicas y su geometría, dichos cambios afectan el flujo (Chow, 2004).

1.5.1.4 Otros factores

Existen otros factores que se debe tomar en cuenta al momento de asumir un valor de n , entre ellos se encuentra:

- Sinuosidad del canal.
- Sedimentación depositada en el fondo del canal.

- Obstrucción por presencia de objetos ajenos al canal como troncos.
- Tamaño y forma del canal.
- Cantidad de caudal que transita por el canal.

1.5.2 Tabla de coeficientes para n de Manning

A la hora de establecer un valor del coeficiente de rugosidad para la ecuación de Manning, se debe tomar en cuenta que existen diferentes tipos de canales, compuestos por una gran variedad de materiales, los cuales podrán ser artificiales o naturales, por ello resulta muy conveniente contar con información que albergue la mayor cantidad de casos que sea posible y se pueda presentar en la realidad. En la tabla 1.4 se expresa una amplia categoría de canales de los cuales se puede asumir el valor de n , cuando no sea posible obtenerlo de manera directa (Chow, 2004).

CAPÍTULO II

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN CAMPO

2.1 Ubicación de las zonas de interés

Establecer las zonas con mayor vulnerabilidad ante el potencial riesgo que se presenta durante las crecidas del río Yanuncay conlleva un sin número de factores que se deberá considerar. En este trabajo se analizan tres zonas consideradas como las más vulnerables ante inundaciones, las mismas que se presentan en la tabla 2.1, en la cual se indica el nombre del sector, así como su ubicación georreferenciada en el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator, con el datum WGS-84, banda M, zona 17 Sur. Dentro del anexo 1, se presenta la ubicación general de las zonas consideradas para la presente investigación.

Tabla 2.1. Ubicación de las zonas de investigación propuestas por funcionarios de la empresa pública ETAPA EP.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
NOMBRE	COORDENADA DE UBICACIÓN		SECTOR
	ESTE	NORTE	
Barabón	713468.00	9678037.00	3.12Km al oeste de la ciudad
Misicata	716805.00	9679213.00	En las calles Ciudad de Cuenca y Av. Iro de Mayo
Felipe II	720778.00	9677965.00	En la Av. Felipe II y Av. Iro de Mayo

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una inspección de campo en donde se pudo constatar la presencia de viviendas construidas en el margen del río, así como de la existencia de un puente rústico de uso peatonal en el sector de Barabón. En el sector de Misicata y de la Av. Felipe II, se pudo constatar un margen de protección en donde solo existen camineras cercanas al margen del río, así como la presencia de un puente de uso peatonal y vehicular en cada sector.

En el anexo 9, se puede evidenciar mediante registro fotográfico la actividad mencionada.

2.2 Actividades de topografía

Con la finalidad de conocer la superficie por la cual el río transita diariamente, se realizó el levantamiento topográfico de cada una de las zonas de interés establecidas anteriormente, tanto en sus orillas como en su cauce principal.

Además, se realizó el replanteo de las regletas que se colocaron bajo el sistema de coordenadas UTM, datum WGS-84, para ser usadas en los aforos con flotador.

2.2.1 Levantamiento topográfico

Para el levantamiento de la información topográfica en las zonas de interés, se implementó el uso de los siguientes equipos y herramientas.

- Equipo de estación total, marca Maple, modelo 822L.
- Prisma topográfico con bastón de hasta 2.65m.
- Equipo GPS, marca Garmin, modelo 64S.
- Radios de dos vías, marca Motorola, modelo MJ270.
- Herramientas varias.

Durante el levantamiento de la información topográfica estableció la ubicación donde se implantará el equipo de medición con estación total, para lo cual se empleó el uso del equipo GPS, con el sistema de coordenadas UTM y cuyo datum empleado es WGS-84. La tabla 2.2 contiene la ubicación del equipo topográfico para cada una de las zonas de investigación planteadas.

Tabla 2.2. Coordenadas de ubicación de estación total durante levantamiento topográfico de las zonas de investigación

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
NOMBRE	COORDENADA DE UBICACIÓN		
	ESTE	NORTE	COTA DE ALTURA
Barabón	713488.81	9678030.19	2705.68
Misicata	716838.98	9679223.48	2609.66
Felipe II	720760.54	9677932.88	2536.07

Fuente: Elaboración propia.

Dicha actividad se la ha realizado durante época de sequía, donde el caudal transportado por el afluente es bajo, lo cual ha facilitado el ingreso al río para obtener la mayor cantidad de información. La figura 2.1 y el anexo 9 muestran las actividades realizadas en campo que han sido desarrolladas.



Figura 2.1. Levantamiento de información topográfica en el sector del puente Barabón.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Procesamiento de información topográfica

Posterior al levantamiento de la información topográfica, se procedió a realizar el análisis de la información obtenida, así como de la libreta de campo para elaborar el modelo digital del terreno correspondiente, implementando el uso de la herramienta informática CIVIL CAD 3D, con el cual se podrá definir la ubicación de las regletas graduadas para aplicar en los aforos con flotador. Así mismo permitirá determinar el área y perímetro mojado del canal y su pendiente longitudinal.

El anexo 2, contiene los planos topográficos de las zonas de investigación, en el cual se presenta una vista en planta y dos secciones transversales del área levantada con el equipo de topografía para cada zona de investigación. La figura 2.2 muestra el resultado obtenido luego del procesamiento en gabinete mediante el uso de la herramienta informática mencionada.

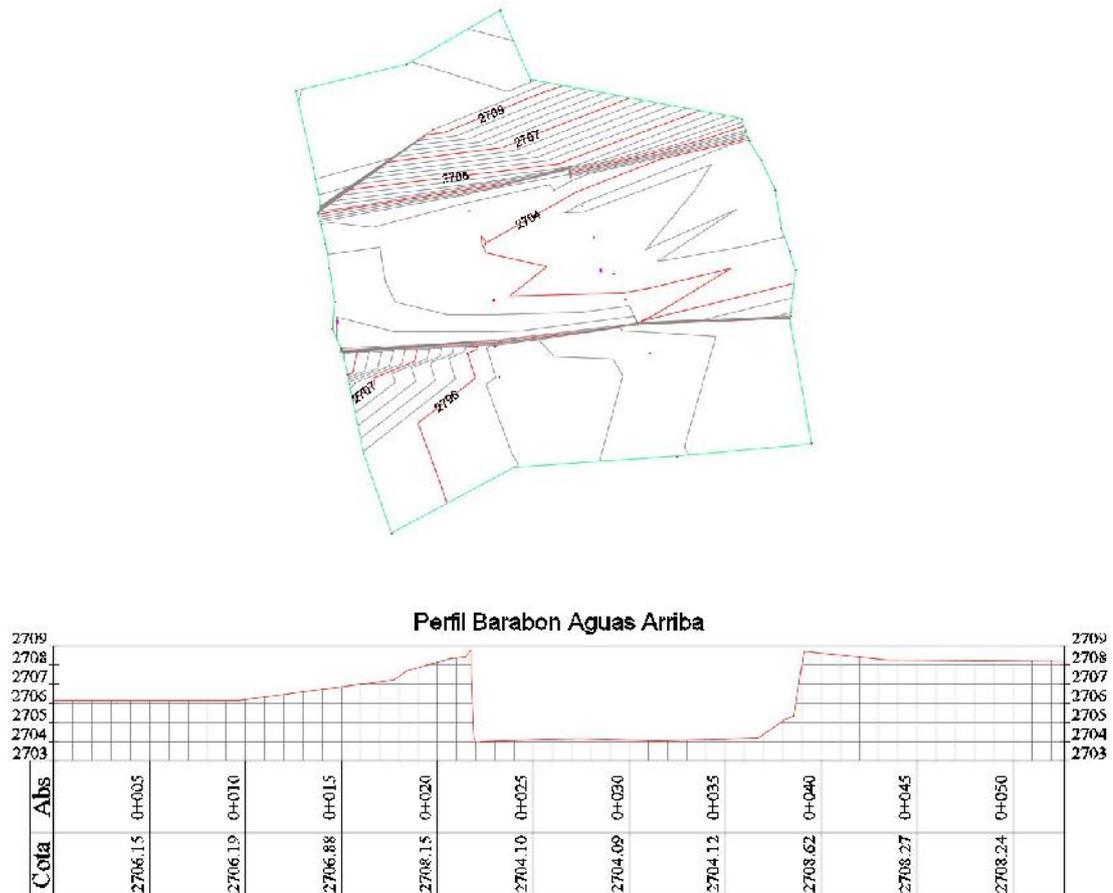


Figura 2.2. a) Modelo topográfico de la zona en estudio, sector puente de Barabón. b) Perfil transversal aguas arriba en el sector puente de Barabón.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Replanteo de puntos de control

Para la aplicación del método con flotador se establecieron al menos dos puntos de control que permitieron determinar el tiempo que tarda el elemento de flotación en recorrer una distancia conocida en cada zona de investigación, es decir un total de 6 puntos, para ello se instaló una regleta debidamente georreferenciada y propiamente graduada cada 10 centímetros, obteniendo la información necesaria durante cada aforo, tal como, los niveles de agua que el afluente transportó, el área que esta ocupaba y el perímetro mojado del canal.

Las regletas de control, con ayuda de la topografía, se replantearon y georreferenciaron bajo el sistema de coordenadas UTM, empleando el datum WGS-84. Estas regletas estuvieron conformadas por un perfil estructural en acero A36 tipo

U de 50x25x3mm, debidamente ancladas a las diferentes estructuras existentes en el margen del río, con pernos expansivos de 2 pulgadas.

Como evidencia de las actividades mencionadas, se presenta en la figura 2.3 la instalación de una regleta en el sector de Misicata, así como para los otros sectores de investigación se cuenta con el registro fotográfico correspondiente en el anexo 9. La tabla 2.3, recopila la ubicación de las regletas instaladas.

Tabla 2.3. Ubicación de punto de control georreferenciados con sistema de coordenadas UTM, datum WGS-84.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
SECTOR	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
Barabón	1	713467.98	9678030.89
	2	713494.43	9678052.41
Misicata	1	716823.40	9679198.84
	2	716856.69	9679198.76
Felipe II	1	720792.31	9677941.86
	2	720785.43	9677912.19

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.3. Implantación de la regleta para punto de control aguas arriba en el puente Barabón.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Aplicación del método con flotador

2.3.1.1 Flotador

Con la finalidad de conseguir la mejor información en campo, se ha realizado una serie de pruebas a diferentes elementos de flotación, los cuales debían cumplir los siguientes requerimientos.

- Garantizar su flotación durante todo el proceso de aforo, es decir desde su lanzamiento, pasando por su estabilidad en velocidad hasta atravesar la zona de medición o de aforo entre las regletas instaladas.
- Sumergirse lo suficiente como para ser arrastrados por la corriente del río y no ser afectados por el viento que se pueda presentar durante el aforo.
- Ser de un material lo suficientemente resistente, ya que estos podrían impactarse contra clastos de gran diámetro existente en todas las zonas de investigación.
- Ser lo suficientemente visible, esto con la finalidad de que el personal pueda observar el elemento de flotación durante el proceso de aforo.
- Fácil aplicación para aforos con caudales altos.

Un primer modelo de flotador usado en la fase de pruebas, se ha elaborado con poliestireno expandido de 40x40x10cm y en su centro se incorpora una masa de hormigón de 10x10x5cm, tal como se puede visualizar en la figura 2.4, así como en el material audiovisual presentado en el anexo 10.



Figura 2.4. Flotador de poliestireno expandido y hormigón, elaborado para pruebas de flotación.

Fuente: Elaboración propia.

Un segundo modelo de flotador implementado, estuvo compuesto por botellas plásticas desde 2 litros hasta 3 litros, las cuales son llenadas en sus tres cuartas partes con agua permitiendo de esta manera una inmersión adecuada y recubiertas con pintura roja para facilitar su visibilidad, como él que se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5. Flotar de botella plástica usado durante pruebas de flotación.

Fuente: Elaboración propia.

Como tercer elemento de flotación para esta actividad, se implementó el uso de botellones plásticos, los mismos que fueron pintados de color rojo, para que pueda ser visible de manera adecuada por el personal que realizaba los aforos, además, estos se encontraron llenos de agua en sus tres cuartas partes, con lo cual el flotador se sumergía lo suficiente para ser conducido por las corrientes del río, manteniendo su flotación durante el proceso de aforo y así nos permitiese medir una velocidad más cercana a la media y no a la superficial. En la figura 2.6 se muestra el elemento de flotación que se implementó durante las mediciones en las zonas de interés.



Figura 2.6. Flotador de botellón plástico usado para pruebas de flotación.

Fuente: Elaboración propia.

Durante las pruebas de flotación para los elementos mencionados, se asignó una calificación de 1 si este cumplía el parámetro a medir y de cero si no lo hacía, para ello los resultados son presentados en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Resultados de evaluación a flotadores propuestos.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES						
MODELO	PARÁMETRO A EVALUAR					TOTAL
	Flotación	Inmersión	Resistencia	Visibilidad	Aplicación	
Poliestireno con hormigón	1	1	0	1	0	3
Botellas de 2 a 3 litros	1	1	1	0	1	4
Botellones de 1 galón	1	1	1	1	1	5

Fuente: Elaboración propia.

Una vez evaluados y analizados los tres modelos de flotación propuestos, se llegó a la conclusión, que los botellones plásticos con una capacidad volumétrica similar a 1 galón, cumplieron satisfactoriamente los parámetros planteados, por lo consiguiente fueron implementados en los aforos que se desarrollados.

2.3.1.2 Formato para levantamiento de información con flotadores

Para un correcto registro de los aforos realizados, se elaboró una tabla de levantamiento de información, que contempla todos los campos y parámetros que se debían tener en cuenta durante los aforos. La tabla 2.5 contiene el formato para el registro mencionado.

Tabla 2.5. Formato para aforo por el método con flotador

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES						
Sector:			Velocidad del viento (m/s)			
Fecha:			Cota aguas arriba (m):			
Hora inicio:			Cota aguas abajo (m):			
Hora fin:			Aforador:			
Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.3 Otras herramientas para usar durante los aforos

Fue necesario contar con otros equipos y herramientas menores para realizar los aforos, entre los cuales se podría nombrar los siguientes:

- Flexómetro
- Cronómetro.
- Radios de dos vías.
- Herramienta menor para cortar vegetación.

2.3.1.4 Descripción de la aplicación del método con flotador

Una vez que el personal se encontraba en la zona de aforo, se debía verificar los niveles en los cuales el agua se hallaban, para ello se apoyó en las regletas que se han instalado previamente, tanto aguas arriba, como aguas abajo, y se registró dicha información en la hoja establecida por la tabla 2.5, tal como se indica en la figura 2.7. Posteriormente se debía verificar la velocidad del viento con la ayuda de un anemómetro de mano como el de la figura 2.8, si dicha velocidad era menor o igual a 0.2m/s se podía proseguir el aforo con flotador (Oficina Nacional de Normalización, 2004).

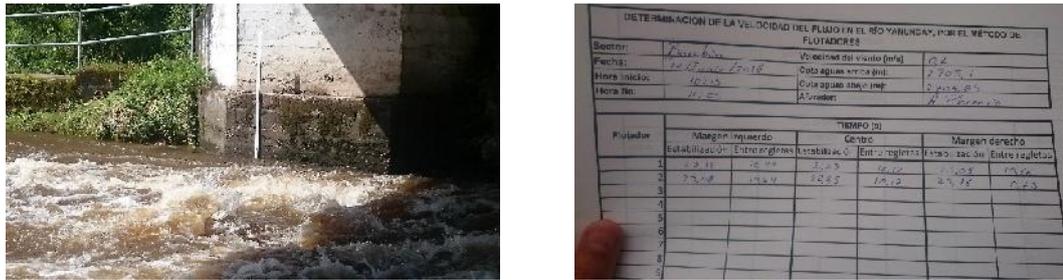


Figura 2.7. a) Verificación de niveles de agua en las zonas de interés. b) Registro de información en hoja de aforo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2.8. Anemómetro de mano usado durante los aforos con flotador.

Fuente: Elaboración propia.

En cada aforo realizado se contó con al menos tres personas las mismas que se ubicaban de la siguiente manera; la primera persona en el punto de partida, es decir aguas arriba, donde el flotador será lanzado, la segunda y tercera persona junto a la primera y segunda regleta de control instalada. Estos dos operadores tenían la responsabilidad de medir el tiempo que tardaba el flotador en recorrer la distancia entre regletas.

Con la ubicación del personal en los puntos de control, se procedió a lanzar un mínimo de 15 flotadores por cada aforo realizado, de los cuales 5 flotadores debían recorrer el margen izquierdo del río, 5 por el margen derecho y 5 por el tramo central.

Cada flotador era cronometrado en dos tramos continuos, el primero de ellos tenía como finalidad garantizar la estabilidad del flotador en las corrientes del río, debiendo mantenerse al menos 20 segundos antes de pasar por la primera regleta, este tiempo se cronometraba desde el momento en el cual tenía contacto el flotador con la superficie del fluido transportado y culminaba el instante en el que llegaba a la primera regleta. El segundo tramo a cronometrar, fue el tiempo que tardó el flotador en recorrer el tramo comprendido por la primera y segunda regleta, es aquí donde el aforador debía, además de obtener el tiempo transcurrido, verificar que el flotador atravesase por el margen establecido, es decir, por el margen izquierdo, central o derecho y registrar en la hoja de aforo indicada en la tabla 2.1.

En el anexo 3, se encuentran las hojas de aforo realizadas en campo, para las tres zonas de interés establecidas con anterioridad, las mismas que eran empleadas para establecer los coeficientes de calibración, velocidad del fluido y aplicar en la fórmula de Manning.

Para cada aforo realizado, se ha registrado los trabajos de campo mediante material fotográfico y audiovisual, los cuales son presentados en los anexos 9 y 10 respectivamente.

2.3.1.5 Sector puente de Barabón

Para este sector, se han realizado hasta 10 aforos, obteniendo los tiempos que ha tardado cada flotador en atravesar el tramo comprendido entre la regleta instalada en el estribo del puente de Barabón, es decir en el punto de control uno y la regleta instalada en el punto de control dos, junto a la vivienda aledaña al margen izquierdo del río, en la tabla 2.6 se presenta el resumen de los aforos realizados para esta zona.

Tabla 2.6. Resumen de aforos realizados en el sector de Barabón, por el método con flotador.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES							
SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
BARABÓN	26/05/2016	2704.76	2704.55	1	15.72	17.19	17.31
				2	17.28	17.20	15.83
				3	15.45	15.48	16.31
				4	-	17.66	-
				5	-	15.96	-
	14/06/2016	2705.10	2704.85	1	10.49	10.12	10.66
				2	10.54	10.17	10.73
	21/06/2016	2705.25	2704.95	1	8.20	9.61	-
				2	-	9.59	-
				3	-	9.42	-
				4	-	9.50	-
	23/06/2016	2705.25	2704.95	1	9.40	9.35	-
				2	-	9.10	-
				3	-	9.41	-
				4	-	9.42	-
	15/01/2017	2705.25	2704.95	1	7.04	6.88	7.66
				2	7.86	7.28	8.82
				3	8.91	9.18	7.56
				4	8.77	7.53	8.98
				5	10.66	8.61	8.38
	03/03/2017	2704.90	2704.60	1	11.59	11.36	13.98
				2	11.73	11.04	12.08
				3	13.73	10.91	25.75
				4	12.66	11.19	11.50
				5	10.38	-	-
				6	10.51	-	-
	11/03/2017	2705.35	2705.05	1	7.22	6.93	7.99
				2	7.83	6.89	7.91
				3	7.66	7.19	7.80
				4	7.41	6.98	7.66
				5	7.37	7.05	8.11
	12/03/2017	2704.94	2704.65	1	19.10	17.00	13.10
				2	17.10	13.80	13.80
				3	26.10	14.30	14.30
				4	13.90	10.80	16.00
				5	13.20	25.00	19.10
	13/03/2017	2704.80	2704.52	1	22.00	24.50	13.80
				2	21.90	17.20	20.30
				3	16.70	19.30	14.30
				4	26.70	16.50	18.80
5				19.30	25.70	21.20	
15/03/2017	2705.40	2705.10	1	7.11	6.60	6.37	
			2	8.21	6.63	7.42	
			3	7.06	6.72	7.69	
			4	7.14	6.87	7.62	
			5	7.19	7.98	7.39	

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.6 Sector puente de Misicata

Para este sector, se han realizado hasta 11 aforos, obteniendo los tiempos que ha tardado cada flotador en atravesar el tramo comprendido entre la regleta instalada en la aleta de salida del alcantarillado, es decir aguas arriba y aguas abajo, la regleta

instalada en el pie de un árbol de eucalipto, en la tabla 2.7 se presenta el resumen correspondiente a los aforos realizados.

Tabla 2.7. Resumen de aforos realizados en el sector de Misicata, por el método con flotador.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES							
SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
MISICATA	28/04/2016	2608.50	2608.20	1	-	8.85	-
				2	-	8.78	-
				3	-	8.61	-
	14/06/2016	2608.50	2608.20	1	16.54	10.96	-
				2	15.57	11.2	-
				3	-	9.72	-
				4	-	10.47	-
	20/06/2016	2609.05	2608.90	1	6.07	7.05	-
				2	7.68	6.98	-
	21/06/2016	2608.70	2608.35	1	8.75	8.25	-
				2	8.08	9.93	-
				3	-	7.91	-
	23/06/2016	2608.60	2608.30	1	16.92	9.3	-
				2	8.86	14.18	-
				3	-	8.41	-
	15/01/2017	2608.60	2608.30	1	12.14	9.14	12.63
				2	10.65	14.66	9.75
				3	9.83	11.46	9.79
				4	9.96	10.27	9.38
				5	9.13	12.66	8.3
	03/03/2017	2608.25	2608.00	1	13.67	14.73	15.34
				2	23.48	12.94	13.98
				3	16.51	13.57	30.47
				4	16.02	14.8	13.73
				5	-	13.13	13.24
	11/03/2017	2608.70	2608.35	1	10.59	8.74	9.26
				2	11.61	12.31	9.49
				3	10.91	8.56	11.01
				4	10.81	8.68	9.32
				5	11.06	12.06	9.29
	12/03/2017	2608.24	2607.97	1	11.7	11.1	12.6
				2	28.9	12.5	-
				3	14.8	14.8	-
				4	16.8	12.8	-
				5	16.4	14.5	-
				6	-	11.1	-
				7	-	12.7	-
	13/03/2017	2608.22	2607.90	1	16.6	17	19.1
				2	17.6	15.9	20.8
				3	21.6	16.3	21.5
				4	19	-	21.1
				5	17.3	-	-
15/03/2017	2608.75	2608.40	1	10.27	8.11	9.29	
			2	10.42	7.98	9.18	
			3	13.05	10.02	10.87	
			4	10.81	8.52	9.39	
			5	10.63	8.21	9.33	

Fuente: Elaboración propia.

Durante el levantamiento de información, se ha restringido la obtención de datos en el margen derecho del afluente, ya que existe una contracción del canal, debido a la presencia de un elemento de volumen considerable conformado por hormigón y por

la acumulación de clastos de gran diámetro. Estos elementos se encontraron ubicados bajo la estructura del puente Misicata, antes de la primera regleta, tal como se puede evidenciar en la figura 2.9.



Figura 2.9. Evidencia de elementos bajo el puente Misicata que limitan el paso continuo del fluido.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1.7 Sector puente de la Av. Felipe II

Para este sector, se han realizado hasta 8 aforos, obteniendo los tiempos que ha tardado cada flotador en atravesar el tramo comprendido entre la regleta instalada en la aleta de salida de agua pluvial ubicado aguas arriba y de la misma manera en la estructura de salida de agua pluvial ubicado aguas abajo. En la tabla 2.8 se presenta las coordenadas de ubicación de las regletas mencionadas, así como de la longitud comprendida entre estas.

Tabla 2.8. Resumen de aforos realizados en el sector de Av. Felipe II, por el método con flotador.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES							
SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
AV. FELIPE II	20/06/2016	2534.06	2533.90	1	5.95	6.05	-
				2	5.98	5.98	-
				3	-	6.20	-
				4	-	6.02	-
	12/01/2017	2533.00	2532.79	1	16.19	9.54	14.24
				2	14.90	11.28	15.09
				3	20.31	9.80	23.25
				4	12.08	11.87	14.98
				5	11.46	-	-
				6	9.76	-	-
				7	9.46	-	-
				8	9.93	-	-
	15/01/2017	2533.43	2533.25	1	7.79	7.42	7.91
				2	8.03	7.32	8.93
				3	7.90	7.64	12.08
				4	8.15	9.97	7.69
				5	8.67	7.44	8.28
				6	9.25	-	-
				7	7.90	-	-
	03/03/2017	2533.10	2532.90	1	10.92	7.63	8.38
				2	8.86	9.55	25.49
				3	11.19	7.79	15.20
				4	12.10	9.48	9.37
				5	-	7.61	12.38
				6	-	-	22.94
				7	-	-	9.20
	11/03/2017	2533.45	2533.25	1	7.64	7.22	7.11
				2	7.30	7.12	11.03
				3	12.48	7.44	7.93
				4	7.51	10.02	7.69
				5	7.76	7.24	7.82
	12/03/2017	2533.15	2533.00	1	13.60	9.14	10.33
				2	13.41	9.22	11.57
				3	14.59	9.07	10.72
				4	13.63	9.48	10.96
				5	13.52	9.16	10.81
	13/03/2017	2533.00	2532.80	1	13.39	9.69	10.84
				2	14.20	9.29	11.04
				3	13.76	9.25	10.48
				4	13.61	10.76	10.71
5				13.60	9.05	10.86	
15/03/2017	2533.55	2533.35	1	5.77	8.21	8.38	
			2	4.83	7.69	8.73	
			3	5.16	7.52	8.53	
			4	6.87	8.25	10.89	
			5	4.52	7.92	8.81	

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Aplicación del método con molinete

La aplicación del método con molinete, como ya se lo había mencionado anteriormente, consiste en usar un molinete que permitirá medir la velocidad con la que es transportado un fluido por una determinada sección. Dicho método se lo ha de realizar de manera conjunta con el método de flotadores, durante el mismo período y

con el mismo gasto o caudal, para posteriormente obtener un coeficiente de calibración entre estos métodos que será calculado posteriormente.

2.4.1.1 Molinete

El molinete que se implementó durante los periodos de aforo está compuesto por una cazoleta en la parte superior, y en su parte inferior una masa, que mantendrá al elemento de medición en el punto de interés. En la figura 2.10 se presenta el molinete a usar durante los aforos.



Figura 2.10. Molinete de cazoleta usado para los aforos

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.2 Sección transversal del canal

Uno de los requerimientos principales para la aplicación de este método es conocer el área o sección transversal por el cual es transportado el fluido, para ello, se ha subdividido la sección en formas geométricas conocidas, como triángulos, rectángulos o trapecios, con lo cual facilitará dicho cálculo.

En cada una de las zonas que se realizaron los aforos, existen infraestructuras civiles que fueron usadas para realizar la aplicación del método, así como del cálculo de la sección. En cada puente se ha tomado como punto de origen su margen izquierdo y se ha establecido una marca cada 2 metros hasta completar el ancho del canal.

Para cada una de las marcas establecidas se ha de obtenido la profundidad comprendida entre el lecho del canal y el tirante del fluido, para ello, el molinete se

lo descendió hasta alcanzar el tirante de agua, el cual será el punto de partida, para posteriormente continuar descendiendo el molinete hasta alcanzar el lecho, obteniendo así la altura existente en la subsección.

De esta forma se obtuvo una forma geométrica similar al de un triángulo en las orillas y en los tramos centrales similar al de un rectángulo, con lo cual se podrá calcular el área de dicha forma geométrica y de esta manera poder obtener la sección transversal del canal, la misma que será similar a la suma de todas las áreas calculadas.

$$\sum_{i=1}^n A_i = A_1 + A_2 + \dots + A_n \quad (16)$$

Fuente: (Rojas Bustamante, 2006).

2.4.1.3 Formato para el levantamiento de información con molinete

La tabla 2.9 contiene el formato que se empleará durante el levantamiento de información en campo para el método con molinete, el mismo que contempla los parámetros que deberán ser tomados en cuenta para cada aforo a realizarse.

Tabla 2.9. Formato para aforo por el método con molinete.

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES				
Sector:		Cota:		
Fecha:		Abscisa Inicial:		
Hora:		Abscisa Final:		
Equipo:		Observaciones:		
Abscisa	Profundidad Total	Profundidad de Observación		Velocidad
		(m)	(%)	
(m)	(m)	(m)	(%)	(m/s)
0			20	
			60	
			80	
2			20	
			60	
			80	
4			20	
			60	
			80	
6			20	
			60	
			80	
8			20	
			60	
			80	
10			20	
			60	
			80	
12			20	
			60	
			80	
14			20	
			60	
			80	
16			20	
			60	
			80	

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.4 Descripción de la aplicación del método con molinete

Una vez establecido los tramos donde se debía medir la velocidad del agua, fue necesario contar con al menos dos personas, para realizar los aforos con este método, las cuales movilizaron el equipo a cada uno de los puntos marcados con anterioridad en los puentes, además, esto permitió al personal realizar el descenso del molinete hasta el tirante del fluido de manera adecuada.

Posteriormente se descendió el molinete hasta el lecho del canal y registrar dicha altura, entre el tirante y el lecho, en la hoja de registro presentada en la tabla 2.9. A continuación, se desplazó el molinete, de forma vertical hacia arriba, un 80% de la profundidad total medida para ese tramo, fijando el equipo a esta altura.

Con el equipo establecido en la posición descrita, se realizó la medición de la velocidad con la que el fluido atravesaba en este punto. Dicha información se la registra para posteriormente desplazar el molinete nuevamente de forma vertical hacia arriba, hasta la posición que correspondiera al 60% de la profundidad total medida, realizando la misma metodología que para el 80%. Una vez registrada esta información se desplazó nuevamente el equipo hasta la altura que correspondiera al 20% de la profundidad total medida.

Si la altura comprendida entre el tirante de agua y el lecho del río es menor a 45cm, se mediría la velocidad al 60% de dicha altura. Este proceso se lo realizó en cada tramo donde se ha marcado con anterioridad en la estructura de los puentes, como se puede observar en la figura 2.11.



Figura 2.11. Aplicación del método con molinete en el puente Barabón.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.5 Sector puente de Barabón

Para este sector se han realizado hasta 4 aforos mediante la aplicación del método con molinete, a fin de obtener la velocidad con la que el fluido transita, dichos registros se presentan en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Levantamiento de información en campo por el método con molinete en el puente de Barabón.

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES				
Sector:	Barabón	Cota:	2704.78	
Fecha:	26/05/2016	Abscisa Inicial:	0	
Hora:	09:26-10:32	Abscisa Final:	14m	
Equipo:	Molinete	Observaciones:	Ing. Rolando Castillo	
Abscisa	Profundidad Total	Profundidad de Observación		Velocidad
		(m)	(%)	
(m)	(m)	(m)	(%)	(m/s)
0	0.79	0.158	20	1.340
		0.474	60	1.150
		0.632	80	0.815
2	0.85	0.17	20	1.600
		0.51	60	1.310
		0.68	80	1.110
4	0.62	0.124	20	1.830
		0.372	60	
		0.496	80	1.160
6	0.55	0.11	20	1.770
		0.33	60	
		0.44	80	1.540
8	0.68	0.136	20	2.250
		0.408	60	
		0.544	80	1.065
10	0.69	0.138	20	1.460
		0.414	60	
		0.552	80	1.320
12	0.79	0.158	20	1.030
		0.474	60	0.728
		0.632	80	0.534
14	0.35	0.07	20	
		0.21	60	0.452
		0.28	80	

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES				
Sector:	Barabón	Cota:	2705	
Fecha:	15/01/2017	Abscisa Inicial:	-0.3m	
Hora:	14:10-14:50	Abscisa Final:	17.4m	
Equipo:	Molinete	Observaciones:	Ing. Rolando Castillo	
Abscisa	Profundidad Total	Profundidad de Observación		Velocidad
		(m)	(%)	
(m)	(m)	(m)	(%)	(m/s)
-0.3	0.28	0.088	20	
		0.264	60	0.740
		0.352	80	
2	1.18	0.068	20	2.150
		0.204	60	2.060
		0.272	80	1.595
4	1.38	0.032	20	1.820
		0.096	60	1.650
		0.128	80	1.450
6	1.04	0.048	20	1.234
		0.144	60	1.220
		0.192	80	1.190
8	1.25	0.09	20	1.198
		0.27	60	1.123
		0.36	80	1.170
10	1.35	0.072	20	2.281
		0.216	60	2.143
		0.288	80	2.039
12	1.28	0.042	20	1.849
		0.126	60	1.706
		0.168	80	1.763
14	1.64	0.042	20	1.501
		0.126	60	1.356
		0.168	80	0.933
16	1.34	0.042	20	2.047
		0.126	60	1.425
		0.168	80	1.199
17.4	1.72	0.042	20	1.429
		0.126	60	1.107
		0.168	80	0.946

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES				
Sector:	Barabón	Cota:	2704.9	
Fecha:	03/03/2017	Abscisa Inicial:	0	
Hora:	10:45-11:50	Abscisa Final:	17.3	
Equipo:	Molinete	Observaciones:	Ing. Rolando Castillo	
Abscisa	Profundidad Total	Profundidad de Observación		Velocidad
		(m)	(%)	
(m)	(m)	(m)	(%)	(m/s)
2	0.12	0.024	20	0.000
		0.072	60	0.000
		0.096	80	0.000
2.6	0.8	0.16	20	1.580
		0.48	60	1.320
		0.64	80	1.240
4	1.03	0.206	20	2.140
		0.618	60	1.800
		0.824	80	0.856
6	0.98	0.196	20	1.750
		0.588	60	1.680
		0.784	80	1.300
8	0.78	0.156	20	2.010
		0.468	60	1.310
		0.624	80	1.200
10	0.56	0.112	20	2.000
		0.336	60	0.000
		0.448	80	1.820
12	0.9	0.18	20	4.010
		0.54	60	2.990
		0.72	80	1.900
14	0.82	0.164	20	2.700
		0.492	60	2.010
		0.656	80	1.730
16	0.8	0.16	20	1.170
		0.48	60	1.090
		0.64	80	0.879
17.3	0.5	0.1	20	0.887
		0.3	60	0.000
		0.4	80	0.718
18	0.38	0.076	20	0.000
		0.228	60	0.000
		0.304	80	0.000
18.6	0.15	0.03	20	0.000
		0.09	60	0.000
		0.12	80	0.000

Fuente: Elaboración Ing. Rolando Castillo (Contratista de los Aforos por molinetes).

2.4.1.6 Sector puente Misicata

Para este sector se han realizado hasta 2 aforos mediante la aplicación del método con molinete, a fin de obtener la velocidad con la que el fluido transita, para lo cual dicha información se presenta en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Levantamiento de información en campo por el método con molinete en el puente de Misicata.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES				
Sector:	Misicata	Cota:	2608.24	
Fecha:	03/03/2017	Abscisa Inicial:	4.00	
Hora:	12:00-12:37	Abscisa Final:	15.40	
Equipo:	Molinete	Observaciones:	Ing. Rolando Castillo	
Abscisa	Profundidad Total	Profundidad de Observación		Velocidad
		(m)	(%)	
(m)	(m)	(m)	(%)	(m/s)
4	0.76	0.152	20	0.325
		0.456	60	0.331
		0.608	80	1.020
6	1.38	0.276	20	2.940
		0.828	60	2.850
		1.104	80	3.070
8	1.3	0.26	20	2.880
		0.78	60	2.360
		1.04	80	1.150
10	1.12	0.224	20	3.050
		0.672	60	2.610
		0.896	80	1.270
12	1.03	0.206	20	2.860
		0.618	60	1.940
		0.824	80	0.557
14	0.5	0.1	20	0.121
		0.3	60	0.000
		0.4	80	0.121
15.4	0.28	0.056	20	0.000
		0.168	60	0.173
		0.224	80	0.000

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES				
Sector:	Misicata	Cota:	2608.22	
Fecha:	13/03/2017	Abscisa Inicial:	4.00	
Hora:	12:05-13:15	Abscisa Final:	15.40	
Equipo:	Molinete	Observaciones:	Ing. Rolando Castillo	
Abscisa	Profundidad Total	Profundidad de Observación		Velocidad
		(m)	(%)	
(m)	(m)	(m)	(%)	(m/s)
4	0.75	0.15	20	0.344
		0.45	60	0.362
		0.6	80	0.288
6	1.15	0.23	20	1.750
		0.69	60	1.670
		0.92	80	1.830
8	1.38	0.276	20	2.690
		0.828	60	2.990
		1.104	80	0.994
10	1.28	0.256	20	4.250
		0.768	60	3.280
		1.024	80	2.700
12	0.8	0.16	20	1.430
		0.48	60	1.140
		0.64	80	0.916
14	0.52	0.104	20	0.228
		0.312	60	0.000
		0.416	80	0.086
16	0.15	0.03	20	0.000
		0.09	60	0.173
		0.12	80	0.000

Fuente: Elaboración Ing. Rolando Castillo (Contratista de los Aforos por molinetes).

De la información recopilada en campo, se puede observar que entre las abscisas 6 y 8, la velocidad al 20% de la profundidad de flujo es menor que al 60% o incluso que al 80%, esto posiblemente se deba a la presencia de un salto hidráulico, tal como se puede evidenciar en la figura 2.12.



Figura 2.12. Presencia de salto hidráulico en el puente de Misicata, entre las abscisas 6 y 8.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.7 Sector puente de la Av. Felipe II

Para este sector se han realizado hasta 2 aforos mediante la aplicación del método con molinete, a fin de obtener la velocidad con la que el fluido transita, para lo cual dicha información se presenta en la tabla 2.12.

Tabla 2.12. Levantamiento de información en campo por el método con molinete, en el puente de la Av. Felipe II.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES				
Sector:	Felipe II	Cota:	2532.76	
Fecha:	03/03/2017	Abscisa Inicial:	0.00	
Hora:	13:14-13:55	Abscisa Final:	20.70	
Equipo:	Molinete	Observaciones:	Ing. Rolando Castillo	
Abscisa	Profundidad Total	Profundidad de Observación		Velocidad
		(m)	(%)	
(m)	(m)	(m)	(%)	(m/s)
0	0.32	0.064	20	0.000
		0.192	60	0.401
		0.256	80	0.000
2	0.35	0.07	20	0.000
		0.21	60	0.973
		0.28	80	0.000
4	0.5	0.1	20	1.600
		0.3	60	0.000
		0.4	80	1.200
6	0.72	0.144	20	1.810
		0.432	60	1.230
		0.576	80	0.905
8	0.55	0.11	20	2.220
		0.33	60	0.000
		0.44	80	1.540
10	0.58	0.116	20	3.000
		0.348	60	0.000
		0.464	80	2.850
12	0.65	0.13	20	3.320
		0.39	60	0.000
		0.52	80	2.510
14	0.83	0.166	20	3.940
		0.498	60	3.330
		0.664	80	2.890
16	0.82	0.164	20	3.710
		0.492	60	3.780
		0.656	80	3.240
18	0.92	0.184	20	3.130
		0.552	60	2.700
		0.736	80	1.580
20	0.36	0.072	20	0.000
		0.216	60	0.561
		0.288	80	0.000
20.7	0.32	0.064	20	0.000
		0.192	60	0.304
		0.256	80	0.000

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES				
Sector:	Felipe II	Cota:	2532.8	
Fecha:	13/03/2017	Abscisa Inicial:	0.00	
Hora:	13:35-14:25	Abscisa Final:	21.00	
Equipo:	Molinete	Observaciones:	Ing. Rolando Castillo	
Abscisa	Profundidad Total	Profundidad de Observación		Velocidad
		(m)	(%)	
(m)	(m)	(m)	(%)	(m/s)
0	0.35	0.07	20	0.000
		0.21	60	1.050
		0.28	80	0.000
2	0.25	0.05	20	0.000
		0.15	60	0.603
		0.2	80	0.000
4	0.46	0.092	20	1.100
		0.276	60	0.000
		0.368	80	0.536
6	0.54	0.108	20	1.670
		0.324	60	0.000
		0.432	80	1.540
8	0.44	0.088	20	0.000
		0.264	60	1.660
		0.352	80	0.000
10	0.48	0.096	20	2.960
		0.288	60	0.000
		0.384	80	1.160
12	0.68	0.136	20	2.550
		0.408	60	0.000
		0.544	80	1.510
14	0.73	0.146	20	3.400
		0.438	60	2.690
		0.584	80	1.270
16	0.7	0.14	20	3.650
		0.42	60	0.000
		0.56	80	2.730
18	0.7	0.14	20	2.620
		0.42	60	0.000
		0.56	80	1.700
20	0.3	0.06	20	0.000
		0.18	60	0.357
		0.24	80	0.000
21	0.15	0.03	20	0.000
		0.09	60	0.182
		0.256	80	0.000

Fuente: Elaboración Ing. Rolando Castillo (Contratista de los Aforos por molinetes).

CAPÍTULO III

ANÁLISIS, CÁLCULO Y RESULTADOS

3.1 Procesamiento de la información recopilada en campo

3.1.1 Método con flotador

Debido a que la información recopilada en campo involucra la figura del hombre durante los aforos y varios agentes externos, como son, cambios de corriente abruptos, presencia de remolinos o de elementos como piedras y palos, es necesario que la información obtenida, pase por un proceso de análisis y validación de información, por ello es necesario apoyarse en el uso de herramientas estadísticas como son histogramas y conceptos de medida de dispersión.

Con la generación de los histogramas será posible reconocer, en una primera instancia y a simple vista, si un valor se diferencia o no de los demás, con lo cual, se puede discernir si el, o los datos, serán apropiados para implementarlos en los cálculos posteriores.

Sin embargo, la aplicación de los histogramas, no será la herramienta más apropiada para identificar si un valor resulta ser atípico o no a la realidad del medio, para ello es esencial, la aplicación de los conceptos estadísticos mediante medidas de dispersión, principalmente la conceptualización de desviación típica o también conocida como desviación estándar.

Esta medida de dispersión permite reconocer de manera cuantitativa si un determinado dato pertenece o no a una medida de tendencia central, para ello se aplica el concepto estadístico de la regla empírica, donde, cerca del 68% de los datos se encuentran distanciados a una desviación estándar. (Lind, Marchal, & Wathen, 2012).

Tomando en consideración los criterios mencionados, se procede a implementarlos en la información recopilada en campo, para lo cual se ha de descartar aquellos valores que se encuentran fuera del intervalo de la media aritmética más menos una desviación estándar.

En el anexo 4 se presenta la información procesada con los diagramas correspondientes y los resultados obtenidos con el criterio estadístico de desviación estándar.

3.1.1.1 Sector puente de Barabón

Luego de implementar los criterios mencionados para la validación de datos, se ha recopilado en la tabla 3.1 la información que se deberá usar para los procesos posteriores de cálculo tanto de velocidad, como de caudal y para la determinación del coeficiente de Manning.

Tabla 3.1. Resumen de datos luego del procesamiento de información recopilada en el sector puente de Barabón.

SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
BARABÓN	26/05/2016	2704.76	2704.55	1	15.72	17.19	15.83
				2	15.45	17.20	16.31
				3		15.96	
	14/06/2016	2705.10	2704.85	1	10.49	10.12	10.66
				2	10.54	10.17	10.73
	21/06/2016	2705.25	2704.95	1	8.20	9.61	-
				2	-	9.59	-
				3	-	9.50	-
	23/06/2016	2705.25	2704.95	1	9.40	9.35	-
				2	-	9.41	-
				3	-	9.42	-
	15/01/2017	2705.25	2704.95	1	7.86	7.28	7.66
				2	8.91	7.53	8.82
				3	8.77	8.61	8.38
	03/03/2017	2704.90	2704.60	1	11.59	11.04	13.98
				2	11.73	11.19	12.08
				3	12.66	-	11.50
				4	10.51	-	-
	11/03/2017	2705.35	2705.05	1	7.66	6.93	7.99
				2	7.41	6.89	7.91
				3	7.37	6.98	7.80
				4	-	7.05	-
	12/03/2017	2704.94	2704.65	1	19.10	17.00	13.10
				2	17.10	13.80	13.80
3				13.90	14.30	14.30	
4				13.20	10.80	16.00	
13/03/2017	2704.80	2704.52	1	22.00	24.50	20.30	
			2	21.90	17.20	14.30	
			3	19.30	19.30	18.80	
			4	-	16.50	-	
15/03/2017	2705.40	2705.10	1	7.11	6.60	7.42	
			2	7.06	6.63	7.69	
			3	7.14	6.72	7.62	
			4	7.19	6.87	7.39	

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.2 Sector puente de Misicata

Luego del proceso de la información se presenta en la tabla 3.2 un resumen de los datos que se emplearán en los cálculos posteriores para determinar la velocidad del fluido transportado, así como el caudal y el coeficiente de rugosidad.

Tabla 3.2. Resumen de datos luego del procesamiento de información recopilada en el sector puente de Misicata.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES							
SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
MISICATA	28/04/2016	2608.50	2608.20	1	-	8.85	-
				2	-	8.78	-
	14/06/2016	2608.50	2608.50	1	16.54	10.96	-
				2	15.57	11.2	-
				3	-	10.47	-
	20/06/2016	2609.05	2608.90	1	6.07	7.05	-
				2	7.68	6.98	-
	21/06/2016	2608.70	2608.35	1	8.75	8.25	-
				2	8.08	7.91	-
	23/06/2016	2608.60	2608.30	1	16.92	9.3	-
				2	8.86	8.41	-
	15/01/2017	2608.60	2608.30	1	10.65	11.46	9.75
				2	9.83	10.27	9.79
				3	9.96	12.66	9.38
	03/03/2017	2608.25	2608.00	1	13.67	13.57	15.34
				2	16.51	13.13	13.98
				3	16.02	-	13.73
				4	-	-	13.24
	11/03/2017	2608.70	2608.35	1	10.91	8.74	9.26
				2	10.81	8.56	9.49
				3	11.06	8.68	9.32
				4	-	-	9.29
	12/03/2017	2608.24	2607.97	1	11.7	12.5	12.6
				2	14.8	12.8	-
				3	16.8	12.7	-
				4	16.4	-	-
	13/03/2017	2608.22	2607.90	1	16.6	15.9	20.8
				2	17.6	16.3	21.5
				3	19	-	21.1
				4	17.3	-	-
	15/03/2017	2608.75	2608.40	1	10.27	8.11	9.29
				2	10.42	7.98	9.18
				3	10.31	8.52	9.39
				4	10.63	8.21	9.33

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.3 Sector puente de la Av. Felipe II

Luego del proceso de la información se presenta en la tabla 3.3 un resumen de los datos que se emplearán en los cálculos posteriores para determinar la velocidad del fluido transportado, así como el caudal y el coeficiente de rugosidad.

Tabla 3.3. Resumen de datos luego del procesamiento de información recopilada en el sector puente de la Av. Felipe II.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES							
SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
AV. FELIPE II	20/06/2016	2534.06	2533.90	1	5.95	6.05	-
				2	5.98	5.98	-
				3	-	6.02	-
	12/01/2017	2533.00	2532.79	1	16.19	9.54	14.24
				2	14.90	11.28	15.09
				3	12.08	9.80	14.98
				4	11.46	-	-
				5	9.76	-	-
				6	9.46	-	-
				7	9.93	-	-
	15/01/2017	2533.43	2533.25	1	7.79	7.42	7.91
				2	8.03	7.32	8.93
				3	7.90	7.64	7.69
				4	8.15	7.44	8.28
				5	8.67	-	-
				6	7.90	-	-
	03/03/2017	2533.10	2532.90	1	10.92	7.63	8.38
				2	11.19	7.79	15.20
				3	12.10	7.61	9.37
				4	-	-	12.38
				5	-	-	9.20
	11/03/2017	2533.45	2533.25	1	7.64	7.22	7.11
				2	7.30	7.12	7.93
				3	7.51	7.44	7.69
				4	7.76	7.24	7.82
	12/03/2017	2533.15	2533.00	1	13.60	9.14	10.72
				2	13.41	9.22	10.96
				3	13.63	9.07	10.81
				4	13.52	9.16	-
	13/03/2017	2533.00	2532.80	1	13.76	9.69	10.84
				2	13.61	9.29	10.71
				3	13.60	9.25	10.86
				4	-	9.05	-
	15/03/2017	2533.55	2533.35	1	5.77	8.21	8.38
				2	4.83	7.69	8.73
				3	5.16	7.92	8.53
				4	4.52	-	8.81

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Determinación de la velocidad del fluido transportado

3.2.1 Velocidad del fluido aplicado el método de flotador

Para la determinación de la velocidad con la que el fluido es transportado a través del canal natural, es necesario implementar los conceptos discernidos con anticipación en la sección 1.2.2.4, para lo cual es inevitable conocer el tiempo que tarda un flotador en recorrer una distancia conocida, dicha distancia será la que está alojada entre los dos puntos de control previamente situadas para cada sector de interés.

3.2.1.1 Sector puente de Barabón

En la tabla 3.4 se encuentra el resultado de los cálculos para obtener la velocidad del fluido transportado en cada periodo de aforo medido, así mismo se encuentra los valores de velocidad media calculada con el método de flotadores.

Como se puede evidenciar en los resultados expuestos en la tabla 3.4, no ha sido posible realizar el cálculo de las velocidades para el margen derecho en los periodos del 21 y 23 de junio del 2016, esto debido a que la corriente arrastraba los flotadores por los otros márgenes.

Tabla 3.4. Resumen de cálculo de velocidades para los aforos realizados en el puente de Barabón.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES													
SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO			VELOCIDAD			VELOCIDAD MEDIA		
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
BARABÓN	26/05/2016	2704.76	2704.55	1	15.72	17.19	15.83	1.92	1.76	1.91	1.94	1.80	1.88
				2	15.45	17.20	16.31	1.95	1.76	1.85			
				3	-	15.96	-	-	1.89	-			
	14/06/2016	2705.10	2704.85	1	10.49	10.12	10.66	2.88	2.98	2.83	2.87	2.98	2.82
				2	10.54	10.17	10.73	2.87	2.97	2.81			
	21/06/2016	2705.25	2704.95	1	8.20	9.61	-	3.68	3.14	-	3.68	3.16	-
				2	-	9.59	-	-	3.15	-			
				3	-	9.50	-	-	3.18	-			
	23/06/2016	2705.25	2704.95	1	9.40	9.35	-	3.21	3.23	-	3.21	3.22	-
				2	-	9.41	-	-	3.21	-			
				3	-	9.42	-	-	3.21	-			
	15/01/2017	2705.25	2704.95	1	7.86	7.28	7.66	3.84	4.15	3.94	3.56	3.89	3.66
				2	8.91	7.53	8.82	3.39	4.01	3.42			
				3	8.77	8.61	8.38	3.44	3.51	3.60			
	03/03/2017	2704.90	2704.60	1	11.59	11.04	13.98	2.61	2.74	2.16	2.61	2.72	2.43
				2	11.73	11.19	12.08	2.57	2.70	2.50			
				3	12.66	-	11.50	2.39	-	2.63			
				4	10.51	-	-	2.87	-	-			
	11/03/2017	2705.35	2705.05	1	7.66	6.93	7.99	3.94	4.36	3.78	4.04	4.34	3.82
				2	7.41	6.89	7.91	4.08	4.38	3.82			
				3	7.37	6.98	7.80	4.10	4.33	3.87			
				4	-	7.05	-	-	4.28	-			
	12/03/2017	2704.94	2704.65	1	19.10	17.00	13.10	1.58	1.78	2.31	1.95	2.22	2.12
				2	17.10	13.80	13.80	1.77	2.19	2.19			
3				13.90	14.30	14.30	2.17	2.11	2.11				
4				13.20	10.80	16.00	2.29	2.80	1.89				
13/03/2017	2704.80	2704.52	1	22.00	24.50	20.30	1.37	1.23	1.49	1.44	1.60	1.74	
			2	21.90	17.20	14.30	1.38	1.76	2.11				
			3	19.30	19.30	18.80	1.56	1.56	1.61				
			4	-	16.50	-	-	1.83	-				
15/03/2017	2705.40	2705.10	1	7.11	6.60	7.42	4.25	4.58	4.07	4.24	4.51	4.01	
			2	7.06	6.63	7.69	4.28	4.56	3.93				
			3	7.14	6.72	7.62	4.23	4.49	3.96				
			4	7.19	6.87	7.39	4.20	4.40	4.09				

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.2 Sector puente de Misicata

En la tabla 3.5 se encuentra el resultado de los cálculos para obtener la velocidad del fluido transportado en cada periodo de aforo medido, así mismo se encuentra los valores de velocidad media calculada con el método de flotadores.

Tabla 3.5. Resumen de cálculo de velocidades para los aforos realizados en el puente de Misicata.

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES															
SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO			VELOCIDAD			VELOCIDAD MEDIA				
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN	MARGEN	MARGEN	MARGEN	MARGEN	MARGEN	MARGEN	MARGEN	MARGEN	MARGEN	
					IZQUIERDO	CENTRAL	DERECHO	IZQUIERDO	CENTRAL	DERECHO	IZQUIERDO	CENTRAL	DERECHO		
MISICATA	28/04/2016	2608.50	2608.20	1	-	8.85	-	-	3.79	-	-	-	3.80	-	
				2	-	8.78	-	-	3.82	-	-	-	-	-	
	14/06/2016	2608.50	2608.50	1	16.54	10.96	-	-	3.06	-	-	-	-	3.09	-
				2	15.57	11.2	-	-	2.99	-	-	-	-	-	-
				3	-	10.47	-	-	3.20	-	-	-	-	-	-
	20/06/2016	2609.05	2608.90	1	6.07	7.05	-	5.52	4.76	-	-	4.95	4.78	-	
				2	7.68	6.98	-	4.37	4.80	-	-	-	-	-	
	21/06/2016	2608.70	2608.35	1	8.75	8.25	-	3.83	4.06	-	-	3.99	4.15	-	
				2	8.08	7.91	-	4.15	4.24	-	-	-	-	-	
	23/06/2016	2608.60	2608.30	1	16.92	9.3	-	1.98	3.61	-	-	2.88	3.80	-	
				2	8.86	8.41	-	3.78	3.99	-	-	-	-	-	
	15/01/2017	2608.60	2608.30	1	10.65	11.46	9.75	3.15	2.93	3.44	-	-	-	-	
				2	9.83	10.27	9.79	3.41	3.27	3.43	3.31	2.95	3.48		
				3	9.96	12.66	9.38	3.37	2.65	3.57	-	-	-	-	
	03/03/2017	2608.25	2608.00	1	13.67	13.57	15.34	2.45	2.47	2.19	-	-	2.19	2.51	2.39
				2	16.51	13.13	13.98	2.03	2.55	2.40	-	-	-	-	-
				3	16.02	-	13.73	2.09	-	2.44	-	-	-	-	-
				4	-	-	13.24	-	-	2.53	-	-	-	-	-
	11/03/2017	2608.70	2608.35	1	10.91	8.74	9.26	3.07	3.84	3.62	-	-	-	-	
				2	10.81	8.56	9.49	3.10	3.92	3.53	3.07	3.87	3.59		
				3	11.06	8.68	9.32	3.03	3.86	3.60	-	-	-	-	
				4	-	-	9.29	-	-	3.61	-	-	-	-	
	12/03/2017	2608.24	2607.97	1	11.7	12.5	12.6	2.87	2.68	2.66	-	-	-	-	
				2	14.8	12.8	-	2.27	2.62	-	2.29	2.65	2.66		
				3	16.8	12.7	-	2.00	2.64	-	-	-	-	-	
				4	16.4	-	-	2.04	-	-	-	-	-	-	
	13/03/2017	2608.22	2607.90	1	16.6	15.9	20.8	2.02	2.11	1.61	-	-	-	-	
				2	17.6	16.3	21.5	1.91	2.06	1.56	1.91	2.08	1.59		
3				19	-	21.1	1.76	-	1.59	-	-	-	-		
4				17.3	-	-	1.94	-	-	-	-	-	-		
15/03/2017	2608.75	2608.40	1	10.27	8.11	9.29	3.27	4.13	3.61	-	-	-	-		
			2	10.42	7.98	9.18	3.22	4.20	3.65	3.22	4.09	3.61			
			3	10.31	8.52	9.39	3.25	3.94	3.57	-	-	-	-		
			4	10.63	8.21	9.33	3.15	4.08	3.59	-	-	-	-		

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.3 Sector puente de la avenida Felipe II

En la tabla 3.6 se encuentra el resultado de los cálculos para obtener la velocidad del fluido transportado en cada periodo de aforo medido, así mismo se encuentra los valores de velocidad media calculada con el método de flotadores.

Para el cálculo de las velocidades se ha empleado tres distancias, una para cada margen del río, esto debido a que el tramo comprendido se encuentra en una sección curva. Dichas distancias han sido determinadas mediante la topografía realizada en el sector con la ayuda del programa informático Civil 3D teniendo así para el margen izquierdo una distancia de 26.19 m, para el margen central de 23.72 m y para el margen derecho de 21.37

Tabla 3.6. Resumen de cálculo de velocidades para los aforos realizados en el puente de la Av. Felipe II.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES													
SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO			VELOCIDAD			VELOCIDAD MEDIA		
		CONTROL 1	CONTROL 2		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
AV. FELIPE II	20/06/2016	2534.06	2533.90	1	5.95	6.05	-	4.12	4.05	-	4.10	4.07	-
				2	5.98	5.98	-	4.09	4.09	-			
				3	-	6.02	-	-	4.07	-			
	12/01/2017	2533.00	2532.79	1	16.19	9.54	14.24	1.51	2.57	1.72	2.13	2.41	1.66
				2	14.90	11.28	15.09	1.64	2.17	1.62			
				3	12.08	9.80	14.98	2.03	2.50	1.63			
				4	11.46	-	-	2.14	-	-			
				5	9.76	-	-	2.51	-	-			
				6	9.46	-	-	2.59	-	-			
				7	9.93	-	-	2.47	-	-			
	15/01/2017	2533.43	2533.25	1	7.79	7.42	7.91	3.14	3.30	3.10	3.04	3.29	2.99
				2	8.03	7.32	8.93	3.05	3.35	2.74			
				3	7.90	7.64	7.69	3.10	3.20	3.18			
				4	8.15	7.44	8.28	3.00	3.29	2.96			
				5	8.67	-	-	2.82	-	-			
				6	7.90	-	-	3.10	-	-			
	03/03/2017	2533.10	2532.90	1	10.92	7.63	8.38	2.24	3.21	2.92	2.15	3.19	2.36
				2	11.19	7.79	15.20	2.19	3.14	1.61			
				3	12.10	7.61	9.37	2.02	3.22	2.61			
				4	-	-	12.38	-	-	1.98			
				5	-	-	9.20	-	-	2.66			
	11/03/2017	2533.45	2533.25	1	7.64	7.22	7.11	3.20	3.39	3.44	3.24	3.38	3.21
				2	7.30	7.12	7.93	3.35	3.44	3.09			
				3	7.51	7.44	7.69	3.26	3.29	3.18			
				4	7.76	7.24	7.82	3.16	3.38	3.13			
	12/03/2017	2533.15	2533.00	1	13.60	9.14	10.72	1.80	2.68	2.28	1.81	2.68	2.26
				2	13.41	9.22	10.96	1.83	2.66	2.23			
				3	13.63	9.07	10.81	1.80	2.70	2.27			
4				13.52	9.16	-	1.81	2.67	-				
13/03/2017	2533.00	2532.80	1	13.76	9.69	10.84	1.78	2.53	2.26	1.79	2.63	2.27	
			2	13.61	9.29	10.71	1.80	2.64	2.29				
			3	13.60	9.25	10.86	1.80	2.65	2.25				
			4	-	9.05	-	-	2.71	-				
15/03/2017	2533.55	2533.35	1	5.77	8.21	8.38	4.24	2.98	2.92	4.87	3.09	2.84	
			2	4.83	7.69	8.73	5.07	3.18	2.80				
			3	5.16	7.92	8.53	4.75	3.09	2.87				
			4	4.52	-	8.81	5.42	-	2.78				

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Velocidad del fluido aplicado el método de molinete

El equipo empleado para el levantamiento de información en campo permite obtener de manera directa la velocidad con la que transita el fluido en cada punto de medición preestablecida, es por ello que no se ha realizado la aplicación de formulación alguna para calcular dichas velocidades. En la tabla 2.11, 2.12 y 2.13 se presentaron los resultados obtenidos por el equipo de manera directa, las mismas que corresponde al sector de Barabón, Misicata y de la avenida Felipe II respectivamente.

3.3 Determinación de los elementos hidráulicos del río Yanuncay para los aforos realizados.

Los elementos hidráulicos comprenden una parte fundamental a la hora de realizar los cálculos de caudal y de rugosidad de un canal natural, es por ello que apoyándonos en la topografía realizada y la implantación de regletas georreferenciadas es posible determinar dichos elementos de manera sencilla y de mayor precisión que otros métodos como es el de la subsección del área.

Considerando que, al tratarse de un canal natural, éste permite transportar diferentes cantidades de caudal durante el año, lo cual dependerá de la estación de invierno o de verano, así como de la cantidad de precipitación que se dé durante un temporal de lluvia, y de otros aportes al cambio de caudal como son quebradas, salidas de alcantarillas, entre otros.

Es por ello que para cada aforo realizado se ha registrado el nivel del tirante o espejo de agua alcanzado en las regletas previamente colocadas y georreferenciadas permitiéndole emplear el uso de herramientas informáticas de dibujo como es el Civil 3D para establecer los elementos hidráulicos de cada sección.

3.3.1 Elementos hidráulicos para el sector de Barabón.

Los elementos hidráulicos determinados para esta zona de estudio se presentan en la tabla 3.7, los mismos que serán empleados para determinar los coeficientes de calibración correspondientes y posterior cálculo del caudal que transitó durante los aforos realizados.

Tabla 3.7. Resumen de elementos hidráulicos en el sector de Barabón para los aforos realizados.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES												
SECTOR	Fecha	Punto de control	Cota en regleta	Sección hidráulica (A)	Profundidad de flujo (v)	Nivel hidráulico (Zw)	Ancho superficial (T)	Perímetro mojado (P)	Radio hidráulico (R)	Profundidad hidráulica (D)	Longitud entre regletas (L)	Pendiente de energía (So)
BARABÓN	26/05/2016	Control 1	2704.76	10.069	0.809	2704.760	15.649	16.544	0.609	0.643	30.200	0.00695
		Control 2	2704.55	10.946	0.791	2704.550	18.825	19.406	0.564	0.581		
	14/06/2016	Control 1	2705.10	15.471	1.149	2705.100	16.149	17.477	0.885	0.958	30.200	0.00828
		Control 2	2704.85	16.632	1.091	2704.850	19.066	20.060	0.829	0.872		
	21/06/2016	Control 1	2705.25	17.915	1.142	2705.250	16.464	18.003	0.995	1.088	30.200	0.00993
		Control 2	2704.95	18.541	1.191	2704.950	19.121	20.268	0.915	0.970		
	23/06/2016	Control 1	2705.25	17.915	1.142	2705.250	16.464	18.003	0.995	1.088	30.200	0.00993
		Control 2	2704.95	18.541	1.191	2704.950	19.121	20.268	0.915	0.970		
	15/01/2017	Control 1	2705.25	17.915	1.142	2705.250	16.464	18.003	0.995	1.088	30.200	0.00993
		Control 2	2704.95	18.541	1.191	2704.950	19.121	20.268	0.915	0.970		
	03/03/2017	Control 1	2704.90	12.272	0.949	2704.900	15.855	16.929	0.725	0.774	30.200	0.00993
		Control 2	2704.60	11.889	0.841	2704.600	18.868	19.516	0.609	0.630		
	11/03/2017	Control 1	2705.35	19.576	1.399	2705.350	16.686	18.324	1.068	1.173	30.200	0.00993
		Control 2	2705.05	20.456	1.291	2705.050	19.176	20.475	0.999	1.067		
	12/03/2017	Control 1	2704.94	12.910	0.989	2704.940	15.914	17.039	0.758	0.811	30.200	0.00960
		Control 2	2704.65	12.833	0.891	2704.650	18.910	19.626	0.654	0.679		
	13/03/2017	Control 1	2704.80	10.693	0.849	2704.800	15.707	16.654	0.642	0.681	30.200	0.00927
		Control 2	2704.52	10.382	0.761	2704.520	18.773	19.367	0.536	0.553		
	15/03/2017	Control 1	2705.40	20.411	1.449	2705.400	16.697	18.424	1.108	1.222	30.200	0.00993
		Control 2	2705.10	21.415	1.341	2705.100	19.204	20.578	1.041	1.115		

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Elementos hidráulicos para el sector de Misicata.

Para el sector de Misicata se ha determinado los elementos hidráulicos para cada aforo realizado, empleando la información recopilada en campo y previamente procesada, dichos resultados se presentan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Resumen de elementos hidráulicos en el sector de Misicata para los aforos realizados.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES												
SECTOR	Fecha	Punto de control	Cota en releta	Sección hidráulica (A)	Profundidad de flujo (v)	Nivel hidráulico (Zw)	Ancho superficial (T)	Perímetro mojado (P)	Radio hidráulico (R)	Profundidad hidráulica (D)	Longitud entre reletas (L)	Pendiente de energía (So)
MISICATA	28/04/2016	Control 1	2608.50	22.5642	1.508	2608.500	22.346	23.362	0.966	1.010	33.533	0.00895
		Control 2	2608.20	25.8560	1.423	2608.200	21.153	22.310	1.159	1.222		
	14/06/2016	Control 1	2608.50	22.5642	1.508	2608.500	22.346	23.362	0.966	1.010	33.533	0.00895
		Control 2	2608.20	25.8560	1.423	2608.200	21.153	22.310	1.159	1.222		
	20/06/2016	Control 1	2609.05	34.8837	2.058	2609.050	22.426	24.480	1.425	1.556	33.533	0.00746
		Control 2	2608.80	38.5614	2.023	2608.800	22.119	23.874	1.615	1.743		
	21/06/2016	Control 1	2608.70	27.0406	1.708	2608.700	22.392	23.779	1.137	1.208	33.533	0.01044
		Control 2	2608.35	28.7772	1.573	2608.350	21.397	22.702	1.268	1.345		
	23/06/2016	Control 1	2608.60	24.8053	1.608	2608.600	22.383	23.579	1.052	1.108	33.533	0.00895
		Control 2	2608.30	27.7094	1.523	2608.300	21.315	22.572	1.228	1.300		
	15/01/2017	Control 1	2608.60	24.8053	1.608	2608.600	22.383	23.579	1.052	1.108	33.533	0.00895
		Control 2	2608.30	27.7094	1.523	2608.300	21.315	22.572	1.228	1.300		
	03/03/2017	Control 1	2608.25	17.0308	1.258	2608.250	21.922	22.628	0.753	0.777	33.533	0.00746
		Control 2	2608.00	21.3879	1.223	2608.000	20.828	21.787	0.982	1.027		
	11/03/2017	Control 1	2608.70	27.0406	1.708	2608.700	22.392	23.779	1.137	1.208	33.533	0.01044
		Control 2	2608.35	28.7772	1.573	2608.350	21.397	22.702	1.268	1.345		
	12/03/2017	Control 1	2608.24	16.8116	1.248	2608.240	21.905	22.599	0.744	0.767	33.533	0.00805
		Control 2	2607.97	20.7638	1.193	2607.970	20.779	21.709	0.956	0.999		
	13/03/2017	Control 1	2608.22	16.3719	1.228	2608.220	21.871	22.540	0.726	0.749	33.533	0.00954
		Control 2	2607.90	19.3133	1.123	2607.900	20.665	21.526	0.897	0.935		
15/03/2017	Control 1	2608.75	28.1603	1.758	2608.75	22.397	23.879	1.179	1.257	33.533	0.01044	
	Control 2	2608.40	29.8490	1.623	2608.40	21.478	22.833	1.307	1.390			

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Elementos hidráulicos para el sector de la Av. Felipe II.

Para el sector de la Av. Felipe II se ha determinado los elementos hidráulicos para cada aforo realizado, empleando la información recopilada en campo y previamente procesada, dichos resultados se presentan en la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Resumen de elementos hidráulicos en el sector de la Av. Felipe II para los aforos realizados.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES												
SECTOR	Fecha	Punto de control	Cota en releta	Sección hidráulica (A)	Profundidad de flujo (v)	Nivel hidráulico (Zw)	Ancho superficial (T)	Perímetro mojado (P)	Radio hidráulico (R)	Profundidad hidráulica (D)	Longitud entre reletas (L)	Pendiente de energía (So)
FELIPE II	20/06/2016	Control 1	2534.06	29.563	1.919	2534.060	18.705	20.534	1.440	1.581	24.486	0.00653
		Control 2	2533.90	33.100	1.905	2533.900	23.410	24.804	1.334	1.414		
	12/01/2017	Control 1	2533.00	10.302	0.859	2533.000	17.604	18.046	0.571	0.585	24.486	0.00858
		Control 2	2532.79	10.664	0.795	2532.790	17.794	18.240	0.585	0.599		
	15/01/2017	Control 1	2533.43	17.972	1.289	2533.430	18.067	19.057	0.943	0.995	24.486	0.00735
		Control 2	2533.25	19.044	1.255	2533.250	18.614	19.476	0.978	1.023		
	03/03/2017	Control 1	2533.10	12.068	0.959	2533.100	17.712	18.281	0.660	0.681	24.486	0.00817
		Control 2	2532.90	12.633	0.905	2532.900	18.000	18.541	0.681	0.702		
	11/03/2017	Control 1	2533.45	18.333	1.309	2533.450	18.088	19.104	0.960	1.014	24.486	0.00817
		Control 2	2533.25	19.044	1.255	2533.250	18.614	19.476	0.978	1.023		
	12/03/2017	Control 1	2533.15	12.955	1.009	2533.150	17.766	18.399	0.704	0.729	24.486	0.00613
		Control 2	2533.00	14.442	1.005	2533.000	18.186	18.815	0.768	0.794		
	13/03/2017	Control 1	2533.00	10.302	0.859	2533.000	17.604	18.046	0.571	0.585	24.486	0.00817
		Control 2	2532.80	10.842	0.805	2532.800	17.813	18.267	0.594	0.609		
	15/03/2017	Control 1	2533.55	20.147	1.409	2533.550	18.186	19.349	1.041	1.108	24.486	0.00817
		Control 2	2533.35	20.922	1.355	2533.350	19.243	20.185	1.036	1.087		

Fuente: Elaboración propia

3.4 Determinación de los coeficientes de calibración para velocidades en el método con flotador.

Debido a que el método de flotador, posee ciertos parámetros externos que afectan al cálculo de la velocidad del fluido y por ende al caudal que transita, entre ellos la presencia del hombre al momento de medir el tiempo o de remolinos a lo largo del tramo en estudio, además de no considerar la distribución vertical de la velocidad del flujo, es necesario calcular un coeficiente de calibración. Para ello se ha realizado de manera conjunta la aplicación de los dos métodos presentados, es decir, mediante molinete y flotador.

En base a lo dispuesto, se tendrá como única variable, entre los métodos, la velocidad del fluido transportado para cada aforo realizado, para lo cual, se ha de determinar un coeficiente que permita obtener un mismo valor de velocidad, dichos coeficientes se determinarán para cada aforo y para cada margen del río, a este coeficiente se lo denominará coeficiente de calibración de aquí en adelante.

Al conocer la velocidad del fluido transportado, tanto por el método con molinete, como con el método con flotador, es posible emplear la siguiente formulación de manera simple, a fin de establecer el coeficiente de calibración, permitiendo que las velocidades sean lo más semejantes posibles.

$$V_{molinete} = \phi \cdot V_{flotador} \quad (17)$$

Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 2011)

Donde:

$V_{molinete}$ = Es la velocidad media obtenida para cada margen mediante el método con molinete.

ϕ = Es el coeficiente de calibración.

$V_{flotador}$ = Es la velocidad media obtenida para cada margen mediante el método con flotador.

3.4.1 Coeficiente de calibración para el sector de Barabón

Para el sector de Barabón se han realizado tres aforos de manera conjunta entre los métodos con molinete y con flotador, teniendo como resultados, lo expuesto en la tabla 3.10.

Tabla 3.10. Resumen de cálculo del coeficiente de calibración para el sector de Barabón.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES										
SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR ($V_{flotador}$)			VELOCIDAD MEDIA CON MOLINETE ($V_{molinete}$)			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()		
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
BARABÓN	26/05/2016	1.94	1.80	1.88	1.39	1.66	1.37	0.72	0.92	0.73
	15/01/2017	3.56	3.89	3.66	1.64	2.15	1.56	0.46	0.55	0.43
	03/03/2017	2.61	2.72	2.43	1.38	1.91	1.05	0.53	0.70	0.43

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 3.10, se puede determinar que para velocidades inferiores a 1.94m/s, los coeficientes de calibración calculados se asemejan a 1, mientras que con velocidades superiores a los 2.43m/s los coeficientes se establecen entre 0.43 y 0.70.

Por concerniente, se ha visto prudente establecer los coeficientes de calibración para el sector de Barabón tomando en consideración la velocidades obtenida, los mismos que se describen en la tabla 3.11 y que deberán ser empleados para los otros aforos realizados en este sector.

Tabla 3.11. Coeficiente de calibración asignado para la corrección de velocidad en el sector de Barabón.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
CRITERIO DE VELOCIDAD	COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ASIGNADO ()		
	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
2.00 m/s	0.72	0.92	0.73
> 2.00 y 3.00 m/s	0.53	0.70	0.43
> 3.00 m/s	0.46	0.55	0.43

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Coeficiente de calibración para el sector de Misicata

En el sector de Misicata ha sido posible realizar dos aforos de manera conjunta con el método de molinete y de flotador, para lo cual se ha realizado el cálculo correspondiente del coeficiente de calibración mediante la formulación expresada en el capítulo 3.4, lo cual se expresa en la tabla 3.12.

Tabla 3.12. Resumen de cálculo del coeficiente de calibración para el sector de Misicata.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES										
SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR ($V_{flotador}$)			VELOCIDAD MEDIA CON MOLINETE ($V_{molinete}$)			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()		
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
MISICATA	03/03/2017	2.19	2.51	2.39	1.79	2.31	0.56	0.81	0.92	0.23
	13/03/2017	1.91	2.08	1.59	1.16	3.41	0.33	0.61	1.64	0.21

Fuente: Elaboración propia

Luego de determinar los coeficientes de calibración entre los métodos de molinete y de flotador, se puede inferir, que debido a la presencia de objetos ajenos al canal natural y a la acumulación de clastos de gran diámetro, como se puede evidenciar en la figura 2.9, se ve afectado la aplicación del coeficiente, esto posiblemente se deba a que los parámetros del entorno no son similares, primordialmente en la ubicación de las corrientes principales de cada margen, por lo cual no será posible emplear el coeficiente de manera analítica para simular la velocidad entre el un método y el otro.

Sin embargo, se ha visto que, al emplear un coeficiente de calibración para el caudal y conjuntamente con la aplicación de la ecuación de continuidad, es posible simular la realidad del canal, teniendo como parámetro de comparación en este caso los valores de caudal entre los métodos, los mismo que deberán ser previamente calculados para posteriormente aplicar un factor de calibración, tal como se puede apreciar en la siguiente formulación.

$$Q_{molinete} = \phi \cdot Q_{flotador} \quad (18)$$

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$Q_{molinete}$ = Caudal medio con molinete

ϕ = Factor de calibración

$Q_{flotador}$ = Caudal medio con flotador

Empleando la conceptualización descrita, se obtiene un coeficiente de calibración los cuales son presentados en la tabla 3.13

Tabla 3.13. Resumen de cálculo del coeficiente de calibración para caudal en el sector de Misicata.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES											
SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR (V _{flotador})			VELOCIDAD DE LA SECCIÓN	SECCIÓN DE AFORO PARA FLOTADOR			CAUDAL MEDIO CON FLOTADOR	CAUDAL MEDIA CON MOLINETE	COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO		SECCIÓN 1	SECCION 2	SECCIÓN MEDIA			
MISICATA	03/03/2017	2.19	2.51	2.39	2.36	17.03	21.39	19.21	45.43	23.10	0.51
	13/03/2017	1.91	2.08	1.59	1.86	16.37	19.31	17.84	33.17	21.19	0.64

Fuente: Elaboración propia.

Mediante los resultados obtenidos, se puede inferir que, para esta estación y caudales determinados mediante flotador se emplee un coeficiente de calibración de 0.64 hasta los 35.00 m³/s y de 0.51 cuando son caudales mayores.

3.4.3 Coeficiente de calibración para el sector de la Av. Felipe II

Para el sector de la av. Felipe II se han realizado hasta dos aforos de manera conjunta entre los métodos con molinete y con flotador, teniendo como resultados, lo expuesto en la tabla 3.14.

Tabla 3.14. Resumen de cálculo del coeficiente de calibración para el sector de la av. Felipe II.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES											
SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR (V _{flotador})			VELOCIDAD MEDIA CON MOLINETE (V _{molinete})			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()			
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	
FELIPE II	03/03/2017	2.15	3.19	2.36	1.88	2.92	2.47	0.874	0.914	1.048	
	13/03/2017	1.79	2.63	2.27	1.61	2.45	2.16	0.895	0.933	0.953	

Fuente: Elaboración propia

3.5 Determinación de los caudales en el río Yanuncay para las zonas de interés.

3.5.1 Cálculo de caudales por el método con flotador

Empleando los resultados obtenidos mediante el cálculo de la velocidad media y los resultados de los coeficientes de calibración, se procederá a determinar los valores de la velocidad corregida para cada margen del canal, con lo cual, será empleado para determinar la velocidad de la toda la sección aforada.

De la información determinada en los elementos hidráulicos, se extraerá el área por el cual transita el fluido y será empleado para determinar el caudal correspondiente.

3.5.1.1 Cálculo del caudal en el sector de Barabón

La tabla 3.15 recopila el cálculo de las velocidades corregidas, la velocidad de la sección, el área media y el caudal medio correspondiente a cada aforo realizado con el método de flotador.

Tabla 3.15. Cálculo del caudal en el sector de Barabón.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES															
SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()			VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR CORREGIDA			VELOCIDAD DE LA SECCIÓN	SECCIÓN DE AFORO PARA FLOTADOR			CAUDAL MEDIO CON FLOTADO
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO		SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCIÓN MEDIA	
BARABÓN	26/05/2016	1.94	1.80	1.88	0.72	0.92	0.73	1.40	1.66	1.37	1.47	10.07	10.95	10.51	15.50
	14/06/2016	2.87	2.98	2.82	0.53	0.70	0.43	1.52	2.08	1.21	1.61	15.47	16.63	16.05	25.79
	21/06/2016	3.68	3.16	-	0.46	0.55	-	1.69	1.74	-	1.72	17.92	18.54	18.23	31.27
	23/06/2016	3.21	3.22	-	0.46	0.55	-	1.48	1.77	-	1.62	17.92	18.54	18.23	29.59
	15/01/2017	3.56	3.89	3.66	0.46	0.55	0.43	1.64	2.14	1.57	1.78	17.92	18.54	18.23	32.50
	03/03/2017	2.61	2.72	2.43	0.53	0.70	0.43	1.38	1.90	1.04	1.44	12.27	11.89	12.08	17.43
	11/03/2017	4.04	4.34	3.82	0.46	0.55	0.43	1.86	2.39	1.64	1.96	19.58	20.46	20.02	39.28
	12/03/2017	1.95	2.22	2.12	0.72	0.92	0.73	1.41	2.04	1.55	1.67	12.91	12.83	12.87	21.44
	13/03/2017	1.44	1.60	1.74	0.72	0.92	0.73	1.04	1.47	1.27	1.26	10.69	10.38	10.54	13.25
	15/03/2017	4.24	4.51	4.01	0.46	0.55	0.43	1.95	2.48	1.73	2.05	20.41	21.41	20.91	42.89

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.2 Cálculo del caudal en el sector de Misicata

La tabla 3.16 recopila el cálculo de las velocidades corregidas, la velocidad de la sección, el área media y el caudal medio correspondiente a cada aforo realizado con el método de flotador.

Tabla 3.16. Cálculo del caudal en el sector de Misicata.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES											
SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR			VELOCIDAD DE LA SECCIÓN	SECCIÓN DE AFORO PARA FLOTADOR			CAUDAL MEDIO CON FLOTADOR	COEFICIENTE DE CALIBRACION ()	CAUDAL MEDIO CORREGIDO
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO		SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCIÓN MEDIA			
MISICATA	28/04/2016	-	3.80	-	3.80	22.5642	25.856	24.21	92.10	0.51	46.97
	14/06/2016	2.09	3.09	-	2.59	22.5642	25.856	24.21	62.66	0.51	31.95
	20/06/2016	4.95	4.78	-	4.86	34.8837	38.5614	36.72	178.58	0.51	91.07
	21/06/2016	3.99	4.15	-	4.07	27.0406	28.7772	27.91	113.63	0.51	57.95
	23/06/2016	2.88	3.80	-	3.34	24.8053	27.7094	26.26	87.70	0.51	44.73
	15/01/2017	3.31	2.95	3.48	3.25	24.8053	27.7094	26.26	85.21	0.51	43.46
	03/03/2017	2.19	2.51	2.39	2.36	17.0308	21.3879	19.21	45.43	0.51	23.17
	11/03/2017	3.07	3.87	3.59	3.51	27.0406	28.7772	27.91	97.98	0.51	49.97
	12/03/2017	2.29	2.65	2.66	2.53	16.8116	20.7638	18.79	47.61	0.51	24.28
	13/03/2017	1.91	2.08	1.59	1.86	16.3719	19.3133	17.84	33.17	0.64	21.23
15/03/2017	3.22	4.09	3.61	3.64	28.1608	29.849	29.00	105.57	0.51	53.84	

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3 Cálculo del caudal en el sector de la Av. Felipe II

La tabla 3.17 recopila el cálculo de las velocidades corregidas, la velocidad de la sección, el área media y el caudal medio correspondiente a cada aforo realizado con el método de flotador.

Tabla 3.17. Cálculo del caudal en el sector de la Av. Felipe II.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES															
SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()			VELOCIDAD MEDIA CON			VELOCIDAD DE LA SECCIÓN	SECCIÓN DE AFORO PARA			CAUDAL MEDIO CON
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO		SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCIÓN MEDIA	
AV. FELIPE II	20/06/2016	4.10	4.07	-	0.885	0.923	1.000	3.63	3.76	-	3.69	29.563	33.100	31.33	115.76
	12/01/2017	2.13	2.41	1.66	0.885	0.923	1.000	1.88	2.23	1.66	1.92	10.302	10.664	10.48	20.15
	15/01/2017	3.04	3.29	2.99	0.885	0.923	1.000	2.69	3.03	2.99	2.90	17.972	19.044	18.51	53.76
	03/03/2017	2.15	3.19	2.36	0.885	0.923	1.000	1.90	2.94	2.36	2.40	12.068	12.633	12.35	29.66
	11/03/2017	3.24	3.38	3.21	0.885	0.923	1.000	2.87	3.12	3.21	3.07	18.333	19.044	18.69	57.30
	12/03/2017	1.81	2.68	2.26	0.885	0.923	1.000	1.60	2.47	2.26	2.11	12.955	14.442	13.70	28.91
	13/03/2017	1.79	2.63	2.27	0.885	0.923	1.000	1.59	2.43	2.27	2.09	10.302	10.842	10.57	22.13
	15/03/2017	3.57	3.62	3.29	0.885	0.923	1.000	3.16	3.34	3.29	3.26	20.147	20.922	20.53	67.03

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Cálculo de caudales por el método con molinete

Al implementar el método con molinete, se pudo determinar los valores de velocidad con las que el fluido es transportado por el río Yanuncay en diferentes escenarios y para cada una de las zonas que se ha establecido para el estudio de este trabajo de grado. Con lo cual se ha procedido a realizar el cálculo del caudal transportado, implementando la ecuación directa de caudal.

$$Q = V \times A \quad (19)$$

Fuente: (Chow, 2004)

Como se indicó en el capítulo 2.4, para calcular el valor del área por el cual transita el fluido, será necesario subdividir la sección en tramos no mayores a 2 metros y con la profundidad del flujo registrada se podrá determinar el área de la subsección, ya que en las orillas se asume, una figura, regular, semejante a un triángulo y en los tramos centrales semejante al de un rectángulo o trapecio.

Conocido estados dos variables es posible aplicar de manera directa la ecuación presentada para el cálculo del caudal, este cálculo se lo ha de realizar en los puntos de interés y para cada aforo realizado.

3.5.2.1 Cálculo del caudal en el sector de Barabón

La aplicación del método con molinete ha sido realizada en tres ocasiones, con lo que se ha podido determinar en campo la velocidad con la que transitó el fluido, se ha podido determinar el área de cada subsección, para de esta manera aplicar la fórmula del caudal y conocer cuantos metros cúbicos por segundo han sido transportado en cada periodo. Para ello en la tabla 3.18, se presenta el resumen de los caudales correspondientes.

Tabla 3.18. Resumen del caudal transportado en el sector de Barabón, mediante el método con molinete.

RED HIDROMETEREOLÓGICA UNIFICADA DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE										
Río : Yanuncay en Barabon					Equipo: Molinete					
Fecha: 26/5/2016					Abscisa Inicial: 0 m					
Hora: 9:26-10:32					Abscisa Final: 14 m					
Realizado por: Ing. Rolando Castillo					Observaciones: Regleta(msnm): 2704.78					
Aforo Yanuncay en Barabon (26/5/2016)										
Abscisa (m)	Profundidad (m)	Profundidad de Observación		Velocidad (m/s)	Velocidad Media 1 (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Ancho Subsección (m)	Área Subsección (m ²)	Caudal Parcial (m ³ /s)	
		(m)	(%)							
0	0.79	0.158	20	1.340	1.102	1.102	1.00	0.79	0.870	
		0.474	60	1.150						
		0.632	80	0.815						
2	0.85	0.17	20	1.680	1.367	1.367	2.00	1.70	2.323	
		0.51	60	1.310						
		0.68	80	1.110						
4	0.62	0.124	20	1.830	1.495	1.495	2.00	1.24	1.854	
		0.372	60							
		0.496	80	1.160						
6	0.55	0.11	20	1.540	1.655	1.655	2.00	1.10	1.821	
		0.33	60							
		0.44	80	1.770						
8	0.68	0.136	20	2.250	1.658	1.658	2.00	1.36	2.254	
		0.408	60							
		0.544	80	1.065						
10	0.69	0.138	20	1.460	1.390	1.390	2.00	1.38	1.918	
		0.414	60							
		0.552	80	1.320						
12	0.79	0.158	20	1.030	0.764	0.764	2.00	1.58	1.207	
		0.474	60	0.728						
		0.632	80	0.534						
14	0.35	0.07	20		0.452	0.452	1.00	0.35	0.158	
		0.21	60	0.452						
		0.28	80							
Profundidad Media(m)		0.67			Velocidad Media	1.235	Caudal Total (m ³ /s) :		12.41	

RED HIDROMETEREOLÓGICA UNIFICADA DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE									
Río : Yanuncay en Barabon					Equipo: Molinete				
Fecha: 15/01/2017					Abscisa Inicial: -0.3 m				
Hora: 14:10-14:50					Abscisa Final: 17.4 m				
Realizado por: Ing. Rolando Castillo					Observaciones: Regleta(msnm): 2705				
Aforo Yanuncay en Barabon (15/01/2017)									
Abscisa (m)	Profundidad (m)	Profundidad de Observación		Velocidad (m/s)	Velocidad Media 1 (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Ancho Subsección (m)	Área Subsección (m ²)	Caudal Parcial (m ³ /s)
		(m)	(%)						
-0.3	0.28	0.088	20		0.740	0.740	1.15	0.32	0.238
		0.264	60	0.740					
		0.352	80						
2	1.18	0.068	20	2.150	1.935	1.935	2.15	2.54	4.909
		0.204	60	2.060					
		0.272	80	1.595					
4	1.38	0.032	20	1.820	1.640	1.640	2.00	2.76	4.526
		0.096	60	1.650					
		0.128	80	1.450					
6	1.04	0.048	20	1.234	1.215	1.215	2.00	2.08	2.527
		0.144	60	1.220					
		0.192	80	1.190					
8	1.25	0.09	20	1.198	1.164	1.164	2.00	2.50	2.909
		0.27	60	1.123					
		0.36	80	1.170					
10	1.35	0.072	20	2.281	2.154	2.154	2.00	2.70	5.816
		0.216	60	2.143					
		0.288	80	2.039					
12	1.28	0.042	20	1.763	1.772	1.772	2.00	2.56	4.537
		0.126	60	1.706					
		0.168	80	1.849					
14	1.64	0.042	20	1.501	1.264	1.264	2.00	3.28	4.144
		0.126	60	1.356					
		0.168	80	0.933					
16	1.34	0.042	20	2.047	1.557	1.557	1.00	1.34	2.086
		0.126	60	1.425					
		0.168	80	1.199					
17.4	1.72	0.042	20	1.429	1.161	1.161	0.70	1.20	1.397
		0.126	60	1.107					
		0.168	80	0.946					
Profundidad Media (m)	1.19				Velocidad Media	1.460	Caudal Total (m ³ /s) :		31.69

RED HIDROMETEREOLÓGICA UNIFICADA DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE									
Río : Yanuncay en Barabon					Equipo:		Molinete		
Fecha: 03/03/2017					Abscisa Inicial:		2.00 m		
Hora: 10:44-11:30					Abscisa Final:		18.60 m		
Realizado por: Ing. Rolando Castillo					Observaciones:		Regleta(msnm) 2704.9		
Aforo Yanuncay en Barabon (03/03/2017)									
Abscisa (m)	Profundidad (m)	Profundidad de Observación		Velocidad (m/s)	Velocidad Media 1 (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Ancho Subsección (m)	Área Subsección (m ²)	Caudal Parcial (m ³ /s)
		(m)	(%)						
2	0.12	0.024	20		0.000	0.000	0.30	0.04	0.000
		0.072	60	0.000					
		0.096	80						
2.6	0.8	0.16	20	1.580	1.380	1.380	1.00	0.80	1.104
		0.48	60	1.320					
		0.64	80	1.240					
4	1.03	0.206	20	2.140	1.599	1.599	1.70	1.75	2.799
		0.618	60	1.800					
		0.824	80	0.856					
6	0.98	0.196	20	1.750	1.577	1.577	2.00	1.96	3.090
		0.588	60	1.680					
		0.784	80	1.300					
8	0.78	0.156	20	2.010	1.507	1.507	2.00	1.56	2.350
		0.468	60	1.310					
		0.624	80	1.200					
10	0.56	0.112	20	2.000	1.910	1.910	2.00	1.12	2.139
		0.336	60						
		0.448	80	1.820					
12	0.9	0.18	20	4.010	2.967	2.967	2.00	1.80	5.340
		0.54	60	2.990					
		0.72	80	1.900					
14	0.82	0.164	20	2.700	2.147	2.147	2.00	1.64	3.521
		0.492	60	2.010					
		0.656	80	1.730					
16	0.8	0.16	20	1.170	1.046	1.046	1.65	1.32	1.381
		0.48	60	1.090					
		0.64	80	0.879					
17.3	0.5	0.1	20	0.887	0.803	0.803	1.00	0.50	0.401
		0.3	60						
		0.4	80	0.718					
18	0.38	0.076	20		0.000	0.000	0.65	0.25	0.000
		0.228	60	0.000					
		0.304	80						
18.6	0.15	0.03	20		0.000	0.000	0.30	0.05	0.000
		0.09	60	0.000					
		0.12	80						
Profundidad Media (m):		0.65			Velocidad Media	1.245	Caudal Total (m ³ /s) :		22.13

Fuente: Ing. Rolando Castillo

3.5.2.2 Cálculo del caudal en el sector de Misicata

De igual manera, que para el sector de Barabón, se ha podido determinar los valores de velocidad para cada subsección y se ha establecido los valores de subsección correspondientes. Luego de aplicado la fórmula directa del caudal, se ha obtenido la cantidad de metros cúbicos por segundo que es transportado por el canal en este sector, para lo cual se presente de manera resumida dichos valores en la tabla 3.19.

Tabla 3.19. Resumen del caudal transportado en el sector de Misicata, mediante el método con molinete.

RED HIDROMETEREOLÓGICA UNIFICADA DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE									
Río : Misicata					Equipo: Molinete				
Fecha: 03/03/2017					Abscisa Inicial: 4.00 m				
Hora: 12:00-12:37					Abscisa Final: 15.40 m				
Realizado por: Ing. Rolando Castillo					Observaciones: Regleta(msnm) 2608.24				
Aforo Misicata (03/03/2017)									
Abscisa (m)	Profundidad (m)	Profundidad de Observación		Velocidad (m/s)	Velocidad Media 1 (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Ancho Subsección (m)	Área Subsección (m ²)	Caudal Parcial (m ³ /s)
		(m)	(%)						
4	0.76	0.152	20	0.325	0.559	0.559	1.00	0.76	0.425
		0.456	60	0.331					
		0.608	80	1.020					
6	1.38	0.276	20	2.940	2.953	2.953	2.00	2.76	8.151
		0.828	60	2.850					
		1.104	80	3.070					
8	1.3	0.26	20	2.880	2.130	2.130	2.00	2.60	5.538
		0.78	60	2.360					
		1.04	80	1.150					
10	1.12	0.224	20	3.050	2.310	2.310	2.00	2.24	5.174
		0.672	60	2.610					
		0.896	80	1.270					
12	1.03	0.206	20	2.860	1.786	1.786	2.00	2.06	3.678
		0.618	60	1.940					
		0.824	80	0.557					
14	0.5	0.1	20	0.121	0.121	0.121	1.70	0.85	0.103
		0.3	60						
		0.4	80	0.121					
15.4	0.28	0.056	20		0.173	0.173	0.70	0.20	0.034
		0.168	60	0.173					
		0.224	80						
Profundidad Media(m)		0.91			Velocidad Media	1.433	Caudal Total (m ³ /s) :		23.10

RED HIDROMETEREOLÓGICA UNIFICADA DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE									
Río : Misicata					Equipo: Molinete				
Fecha: 13/03/2017					Abscisa Inicial: 4.00 m				
Hora: 12:05-13:15					Abscisa Final: 15.40 m				
Realizado por: Ing. Rolando Castillo					Observaciones: Regleta(msnm) 2608.22				
Aforo Misicata (13/03/2017)									
Abscisa (m)	Profundidad (m)	Profundidad de Observación		Velocidad (m/s)	Velocidad Media 1 (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Ancho Subsección (m)	Área Subsección (m ²)	Caudal Parcial (m ³ /s)
		(m)	(%)						
4	0.75	0.15	20	0.344	0.331	0.331	1.00	0.75	0.249
		0.45	60	0.362					
		0.6	80	0.288					
6	1.15	0.23	20	1.750	1.750	1.750	2.00	2.30	4.025
		0.69	60	1.670					
		0.92	80	1.830					
8	1.38	0.276	20	2.690	2.225	2.225	2.00	2.76	6.140
		0.828	60	2.990					
		1.104	80	0.994					
10	1.28	0.256	20	4.250	3.410	3.410	2.00	2.56	8.730
		0.768	60	3.280					
		1.024	80	2.700					
12	0.8	0.16	20	1.430	1.162	1.162	2.00	1.60	1.859
		0.48	60	1.140					
		0.64	80	0.916					
14	0.52	0.104	20	0.228	0.157	0.157	2.00	1.04	0.163
		0.312	60						
		0.416	80	0.086					
16	0.15	0.03	20		0.173	0.173	1.00	0.15	0.026
		0.09	60	0.173					
		0.12	80						
Profundidad Media(m)		0.86			Velocidad Media	1.315	Caudal Total (m ³ /s) :		21.19

Fuente: Ing. Rolando Castillo

3.5.2.3 Cálculo del caudal en el sector de la Av. Felipe II

La aplicación de la fórmula de caudal para este sector de interés, ha sido el mismo que en los otros sectores analizados, por lo que en la tabla 3.20 se presenta de manera resumida los valores correspondientes.

Tabla 3.20. Resumen del caudal transportado en el sector de la Av. Felipe II, mediante el método con molinete.

RED HIDROMETEREOLÓGICA UNIFICADA DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE									
Río : Puente Av. Felipe II y I de Mayo					Equipo:		Molinete		
Fecha: 03/03/2017					Abscisa Inicial:		0.00 m		
Hora: 13:14-13:55					Abscisa Final:		20.70 m		
Realizado por: Ing. Rolando Castillo					Observaciones:		Regleta(msnm) 2532.76		
Aforo Puente Av. Felipe II y I de Mayo (03/03/2017)									
Abscisa (m)	Profundidad (m)	Profundidad de Observación		Velocidad (m/s)	Velocidad Media 1 (m/s)	Velocidad Media (m/s)	Ancho Subsección (m)	Área Subsección (m ²)	Caudal Parcial (m ³ /s)
		(m)	(%)						
0	0.32	0.064	20		0.401	0.401	1.00	0.32	0.128
		0.192	60	0.401					
		0.256	80						
2	0.35	0.07	20		0.973	0.973	2.00	0.70	0.681
		0.21	60	0.973					
		0.28	80						
4	0.5	0.1	20	1.600	1.400	1.400	2.00	1.00	1.400
		0.3	60						
		0.4	80	1.200					
6	0.72	0.144	20	1.810	1.315	1.315	2.00	1.44	1.894
		0.432	60	1.230					
		0.576	80	0.905					
8	0.55	0.11	20	2.220	1.880	1.880	2.00	1.10	2.068
		0.33	60						
		0.44	80	1.540					
10	0.58	0.116	20	3.000	2.925	2.925	2.00	1.16	3.393
		0.348	60						
		0.464	80	2.850					
12	0.65	0.13	20	3.320	2.915	2.915	2.00	1.30	3.790
		0.39	60						
		0.52	80	2.510					
14	0.83	0.166	20	3.940	3.387	3.387	2.00	1.66	5.622
		0.498	60	3.330					
		0.664	80	2.890					
16	0.82	0.164	20	3.710	3.577	3.577	2.00	1.64	5.866
		0.492	60	3.780					
		0.656	80	3.240					
18	0.92	0.184	20	3.130	2.470	2.470	2.00	1.84	4.545
		0.552	60	2.700					
		0.736	80	1.580					
20	0.36	0.072	20		0.561	0.561	1.35	0.49	0.273
		0.216	60	0.561					
		0.288	80						
20.7	0.32	0.064	20		0.304	0.304	0.35	0.11	0.034
		0.192	60	0.304					
		0.256	80						
Profundidad Media(m)		0.58			Velocidad Media	1.842	Caudal Total (m ³ /s) :		29.69

RED HIDROMETEREOLÓGICA UNIFICADA DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE									
Río : Puente Av. Felipe II y I de Mayo					Equipo: Molinete				
Fecha: 13/03/2017					Abscisa Inicial: 0.00 m				
Hora: 13:35-14:25					Abscisa Final: 21.00 m				
Realizado por: Ing. Rolando Castillo					Observaciones:		Regleta(msnm) 2532.8		
Aforo Puente Av. Felipe II y I de Mayo (13/03/2017)									
Abscisa	Profundidad	Profundidad de Observación		Velocidad	Velocidad Media 1	Velocidad Media	Ancho Subsección	Área Subsección	Caudal Parcial
		(m)	(%)						
0	0.35	0.07	20						
		0.21	60	1.050	1.050	1.050	1.00	0.35	0.368
		0.28	80						
2	0.25	0.05	20						
		0.15	60	0.603	0.603	0.603	2.00	0.50	0.302
		0.2	80						
4	0.46	0.092	20	1.100					
		0.276	60		0.818	0.818	2.00	0.92	0.753
		0.368	80	0.536					
6	0.54	0.108	20	1.670					
		0.324	60		1.605	1.605	2.00	1.08	1.733
		0.432	80	1.540					
8	0.44	0.088	20						
		0.264	60	1.660	1.660	1.660	2.00	0.88	1.461
		0.352	80						
10	0.48	0.096	20	2.960					
		0.288	60		2.060	2.060	2.00	0.96	1.978
		0.384	80	1.160					
12	0.68	0.136	20	2.550					
		0.408	60		2.030	2.030	2.00	1.36	2.761
		0.544	80	1.510					
14	0.73	0.146	20	3.400					
		0.438	60	2.690	2.453	2.453	2.00	1.46	3.582
		0.584	80	1.270					
16	0.7	0.14	20	3.650					
		0.42	60		3.190	3.190	2.00	1.40	4.466
		0.56	80	2.730					
18	0.7	0.14	20	2.620					
		0.42	60		2.160	2.160	2.00	1.40	3.024
		0.56	80	1.700					
20	0.3	0.06	20						
		0.18	60	0.357	0.357	0.357	1.50	0.45	0.161
		0.24	80						
21	0.15	0.03	20						
		0.09	60	0.182	0.182	0.182	0.50	0.08	0.014
		0.256	80						
Profundidad Media(m)		0.48			Velocidad Media	1.514	Caudal Total (m ³ /s) :		20.60

Fuente: Ing. Rolando Castillo

3.6 Aplicación de la fórmula de Manning para los resultados obtenidos con los métodos aplicados.

Como se había mencionado en el capítulo 1.4 del presente trabajo de grado, los canales, ya sean estos de sección regular o irregular, como es el caso de estudio, poseen ciertas particularidades que los convierte en un canal, entre ellos su forma geométrica, sus elementos hidráulicos y un factor de resistencia al del flujo conocido como rugosidad.

Durante el desarrollo del presente trabajo, hemos establecido la mayoría de los aspectos que convierten al río Yanuncay en canal irregular, sin embargo, es importante definir el factor de

resistencia o también llamado coeficiente de rugosidad, para lo cual hemos de emplear la formula desarrollada por Robert Manning.

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \quad (20)$$

Fuente: (Chow, 2004)

Al conocer la velocidad con la que transita el fluido por el canal en cada una de las zonas de interés y conocido los elementos hidráulicos correspondientes, resulta posible despejar el coeficiente de rugosidad de la formula mencionada para lo cual tendremos.

$$n = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{V} \quad (21)$$

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, conocemos todas las variables que hace posible determinar el coeficiente de rugosidad, sin embargo, mucha de las veces resulta un poco confuso o dificultoso obtener el radio hidráulico, por lo que hemos de sustituirlo por su semejante.

$$R = \frac{A}{P} \quad (22)$$

Fuente: (Chow, 2004).

Reemplazando el valor del radio hidráulico en la ecuación del coeficiente de rugosidad obtenemos una ecuación con parámetros mucho más factibles a la hora de calcular.

$$n = \frac{\left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times S^{1/2}}{V} \quad (23)$$

Fuente: Elaboración propia.

Simplificando esta ecuación podemos establecer el coeficiente de rugosidad en términos de caudal, área y línea de pendiente, los mismos que resultan mucho más factibles de determinar y poder emplear en el cálculo, tal como se puede apreciar en la siguiente ecuación.

$$n = \frac{A^{5/3} \times S^{1/2}}{P^{2/3} \times Q} \quad (24)$$

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1 Método con flotador

Como es conocido, se han calculado las expresiones necesarias para determinar el coeficiente de rugosidad, obteniendo el área de la sección, su perímetro mojado, el caudal que transida y la línea de pendiente, para cada aforo realizado mediante la aplicación del método con flotadores.

3.6.1.1 Cálculo del coeficiente de Manning en el sector de Barabón

Para el sector de Barabón se ha realizado el cálculo del coeficiente de Manning, o conocido también como coeficiente de rugosidad, para cada uno de los aforos pertinentes, para ello se presenta de manera resumida los resultados en la tabla 3.21.

Tabla 3.21. Resumen de cálculo del coeficiente de Manning, mediante la aplicación del método con flotador en el sector de Barbón.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY. POR EL MÉTODO DE FLOTADORES									
SECTOR	Fecha	Sección hidráulica (A)	Seccion media (Am)	Profundidad de flujo (y)	Perímetro mojado (P)	Perimetro mojado medio (Pm)	Pendiente de energía (So)	Caudal medio con flotador (Q)	Coefficiente de Manning (n)
BARABÓN	26/05/2016	10.069	10.51	0.809	16.544	17.98	0.0070	15.50	0.040
		10.946		0.791	19.406				
	14/06/2016	15.471	16.05	1.149	17.477	18.77	0.0083	25.79	0.051
		16.632		1.091	20.060				
	21/06/2016	17.915	18.23	1.142	18.003	19.14	0.0099	31.27	0.056
		18.541		1.191	20.268				
	23/06/2016	17.915	18.23	1.142	18.003	19.14	0.0099	29.59	0.059
		18.541		1.191	20.268				
	15/01/2017	17.915	18.23	1.142	18.003	19.14	0.0099	32.50	0.054
		18.541		1.191	20.268				
	03/03/2017	12.272	12.08	0.949	16.929	18.22	0.0099	17.43	0.053
		11.889		0.841	19.516				
	11/03/2017	19.576	20.02	1.399	18.324	19.40	0.0099	39.28	0.052
		20.456		1.291	20.475				
	12/03/2017	12.910	12.87	0.989	17.039	18.33	0.0096	21.44	0.046
		12.833		0.891	19.626				
	13/03/2017	10.693	10.54	0.849	16.654	18.01	0.0093	13.25	0.054
		10.382		0.761	19.367				
15/03/2017	20.411	20.91	1.449	18.424	19.50	0.0099	42.89	0.051	
	21.415		1.341	20.578					

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.2 Cálculo del coeficiente de Manning en el sector de Misicata

Una vez establecido todas las variables para la aplicación de la ecuación de rugosidad presentada, es posible calcular el coeficiente de Manning, el mismo que se presenta de manera resumida en la tabla 3.22 para este sector de estudio.

Tabla 3.22. Resumen de cálculo del coeficiente de Manning, mediante la aplicación del método con flotador en el sector de Misicata.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES									
SECTOR	Fecha	Sección hidráulica (A)	Sección media (Am)	Profundidad de flujo (y)	Perímetro mojado (P)	Perímetro mojado medio (Pm)	Pendiente de energía (So)	Caudal medio con flotador (Q)	Coefficiente de Manning (n)
MISICATA	28/04/2016	22.5642	24.21	1.508	23.362	22.84	0.0089	46.97	0.051
		25.8560		1.423	22.310				
	14/06/2016	22.5642	24.21	1.508	23.362	22.84	0.0089	31.95	0.075
		25.8560		1.423	22.310				
	20/06/2016	34.8837	36.72	2.058	24.480	24.18	0.0075	91.07	0.046
		38.5614		2.023	23.874				
	21/06/2016	27.0406	27.91	1.708	23.779	23.24	0.0104	57.95	0.056
		28.7772		1.573	22.702				
	23/06/2016	24.8053	26.26	1.608	23.579	23.08	0.0089	44.73	0.061
		27.7094		1.523	22.572				
	15/01/2017	24.8053	26.26	1.608	23.579	23.08	0.0089	43.46	0.062
		27.7094		1.523	22.572				
	03/03/2017	17.0308	19.21	1.258	22.628	22.21	0.0075	23.17	0.065
		21.3879		1.223	21.787				
	11/03/2017	27.0406	27.91	1.708	23.779	23.24	0.0104	49.97	0.064
		28.7772		1.573	22.702				
	12/03/2017	16.8116	18.79	1.248	22.599	22.15	0.0081	24.28	0.062
		20.7638		1.193	21.709				
13/03/2017	16.3719	17.84	1.228	22.540	22.03	0.0095	21.23	0.071	
	19.3133		1.123	21.526					
15/03/2017	28.1603	29.00	1.758	23.879	23.36	0.0104	53.84	0.064	
	29.8490		1.623	22.833					

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.3 Cálculo del coeficiente de Manning en el sector de la Av. Felipe II

Para el sector de estudio, se ha implementado la ecuación de rugosidad obteniendo los valores presentados en la tabla 3.23, los mismos que han sido calculados para cada aforo realizado en esta zona.

Tabla 3.23. Resumen de cálculo del coeficiente de Manning, mediante la aplicación del método con flotador en el sector de la Av. Felipe II.

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES									
SECTOR	Fecha	Sección hidráulica (A)	Seccion media (Am)	Profundidad de flujo (y)	Perímetro mojado (P)	Perimetro mojado medio (Pm)	Pendiente de energía (So)	Caudal medio con flotador (Q)	Coeficiente de Manning (n)
FELIPE II	20/06/2016	29.563	31.33	1.919	20.534	22.67	0.0065	115.76	0.027
		33.100		1.905	24.804				
	12/01/2017	10.302	10.48	0.859	18.046	18.14	0.0086	20.15	0.033
		10.664		0.795	18.240				
	15/01/2017	17.972	18.51	1.289	19.057	19.27	0.0074	53.76	0.029
		19.044		1.255	19.476				
	03/03/2017	12.068	12.35	0.959	18.281	18.41	0.0082	29.66	0.029
		12.633		0.905	18.541				
	11/03/2017	18.333	18.69	1.309	19.104	19.29	0.0082	57.30	0.029
		19.044		1.255	19.476				
	12/03/2017	12.955	13.70	1.009	18.399	18.61	0.0061	29.91	0.029
		14.442		1.005	18.815				
	13/03/2017	10.302	10.57	0.859	18.046	18.16	0.0082	22.13	0.030
		10.842		0.805	18.267				
	15/03/2017	20.147	20.53	1.409	19.349	19.77	0.0082	67.03	0.028
		20.922		1.355	20.185				

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se ha realizado el levantamiento topográfico a detalle para cada una de las zonas de interés, bajo el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator, la misma que se encuentra compilada dentro del anexo 2.
- Para cada una de las zonas de estudio se ha incorporado un sistema de regletas graduadas y georreferenciadas bajo el sistema de coordenadas UTM, datum 84. Cada regleta cuenta con una subdivisión de 0.10m designadas con color negro y una subdivisión mayor de 0.50m con color rojo.
- Mediante la aplicación de los métodos con flotador y molinete, ha sido posible determinar la velocidad con la que es transportado el fluido durante distintos escenarios, ya sea durante periodos con caudales altos o bajos.
- Con la aplicación del método con flotador ha sido posible determinar los valores de velocidad con los que el fluido fue transportado en las distintas zonas de estudio.
- Al aplicar de manera simultánea los métodos con flotador y molinete, se ha podido establecer los coeficientes de calibración para la velocidad en las zonas estudiadas.
- Con el procesamiento de la información se puede inferir que existen tres coeficientes de calibración para la velocidad para cada una de las zonas estudiadas, tanto para el margen izquierdo, central y derecho.
- Para el sector de Barabón y de la Av. Felipe II, ha sido posible determinar los coeficientes de calibración para la velocidad que han de ser aplicados en el método con flotador.
- En el sector de Misicata no ha sido posible determinar un coeficiente de calibración para la velocidad del fluido transportado, esto debido a las condiciones del entorno, ya que existen elementos de grandes dimensiones que disminuyen la sección aguas arriba y distorsionan la información de velocidad compilada
- Aplicando el principio de continuidad, se ha podido establecer un coeficiente de calibración para caudales, en el sector de Misicata, teniendo así un coeficiente de calibración de 0.64 para caudales menores o iguales a $35\text{m}^3/\text{s}$ y de 0.51 para caudales mayores.
- Mediante la aplicación de los métodos con flotador y molinete, así como de la formulación matemática correspondiente se ha podido llevar a cabo y establecer los

caudales que transitaron durante los periodos de aforo realizados en las distintas zonas de estudio.

- Luego de determinar los elementos hidráulicos para cada zona de estudio, así como los caudales transportados, ha sido posible calcular de manera analítica el coeficiente de Manning o llamando también coeficiente de rugosidad.

Recomendaciones

- Para los aforos con flotador se recomienda emplear elementos de flotación que posean una característica volumétrica y geométrica lo más similar posible.
- Para la medición de los niveles hidráulicos, se recomienda ser lo más precisos posibles, ya que una pequeña variación en la lectura, altera significativamente los cálculos de área y caudal en el método con flotadores.
- En el sector del puente de Misicata, se recomienda realizar al menos un aforo simultáneo entre los métodos con flotador y molinete, con la presencia de un caudal inferior a los $20\text{m}^3/\text{s}$ y al menos un aforo con un caudal semejante a los $30\text{m}^3/\text{s}$, a fin de establecer un mejor coeficiente de calibración para caudales bajos y altos.
- Se recomienda realizar la aplicación de los dos métodos de aforo, es decir con flotador y molinete de manera simultánea en el sector de la av. Felipe II con la presencia de caudales que superen los $30\text{m}^3/\text{s}$, a fin de poder establecer un coeficiente de velocidad más apropiado para caudales altos.
- En lo posible se deberá definir un tramo, entre secciones, mucho más prolongado para el sector de la av. Felipe II, a fin de disminuir los errores humanos en la toma de tiempos para el método con flotador, esto durante aforos con caudales altos.

BIBLIOGRAFÍA

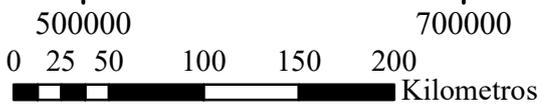
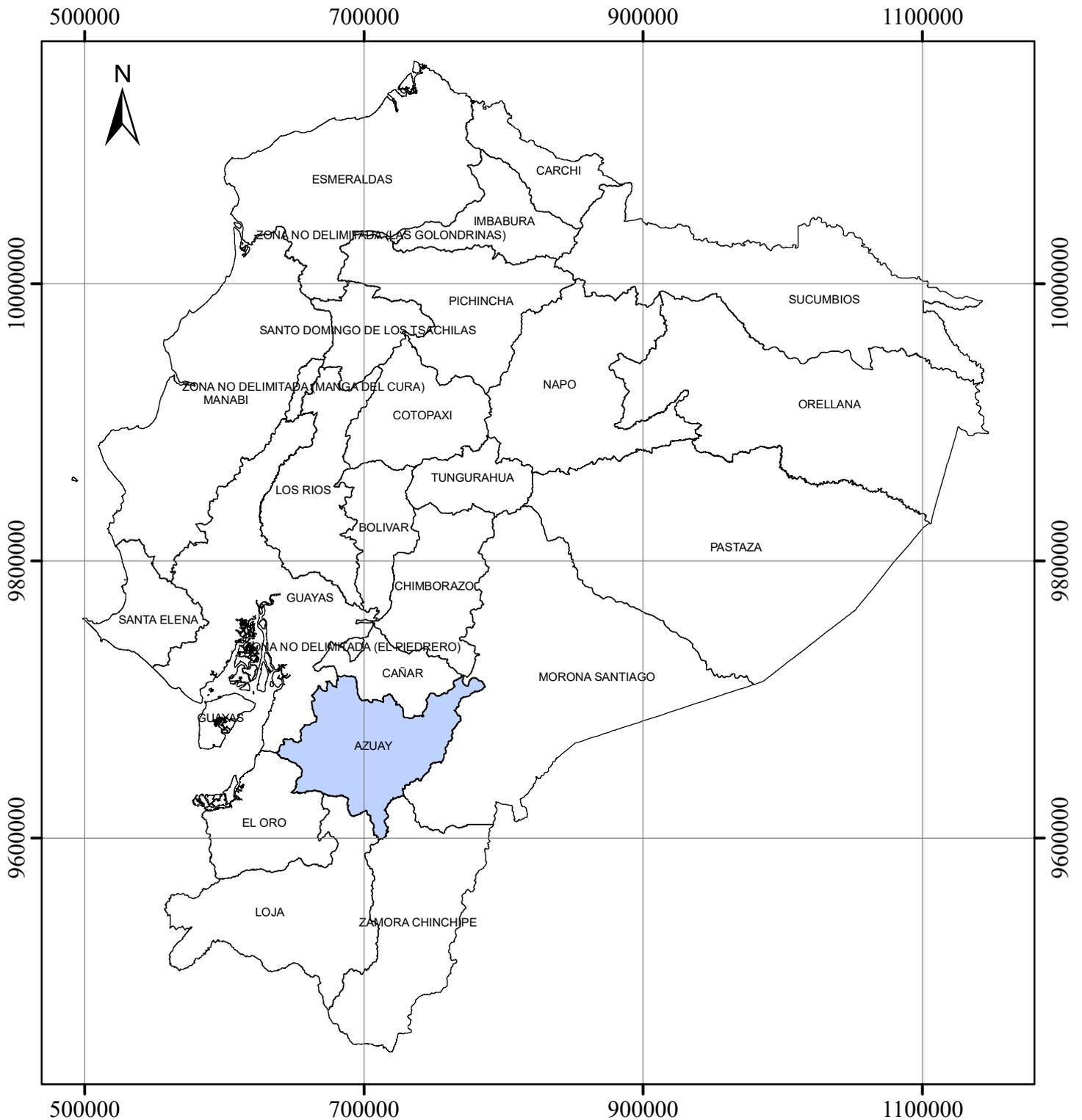
- Cadavid, J. H. (2006). *Hidráulica de canales: fundamentos*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Chow, V. T. (2004). *Hidraulica de canales abiertos*. Bogota, Colombia: McGraw-Hill.
- León Mendez, A. J., & Martínez González, Y. (2013). *Hidráulica de las condiciones libres* (Vol. 1). La Habana, Cuba: Editorial Universitaria Félix Varela.
- Lind, D., Marchal, W., & Wathen, S. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Oficina Nacional de Normalización. (2004). *MEDICIÓN DEL GASTO EN CONDUCCIONES LIBRES Ø DETERMINACION DE LA RELACIÓN GASTO-NIVEL EMPLEANDO EL MÉTODO ÁREA-VELOCIDAD*. La Habana: Cuban National Bureau of Standards.
- Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Guía de prácticas hidrológicas* (Vol. I). Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Rojas Bustamante, O. (2006). Manual básico para medir caudales. *FONAG Fondo para la protección del agua*, 29.
- Salas, A.F., Urrestarazu, L. P. (09 de Enero de 2017). *ocwus.us.es*. Obtenido de http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%204.%20Conducciones%20abiertas/page_10.htm/skinless_view
- Villón Bejar, M. (2007). *Cálculos hidrológicos e hidráulicos en cuencas hidrográficas*. Lima: Villón.

ANEXOS

ANEXO 1

MAPAS DE UBICACION

Anexo 1
 Mapa de ubicación
 Anexo 1.1
 Mapa de ubicación provincial
 "Determinación de la velocidad del flujo en el río Yanuncay, por el método de flotadores".



Escala: 1 cm = 40 km

Leyenda

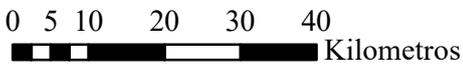
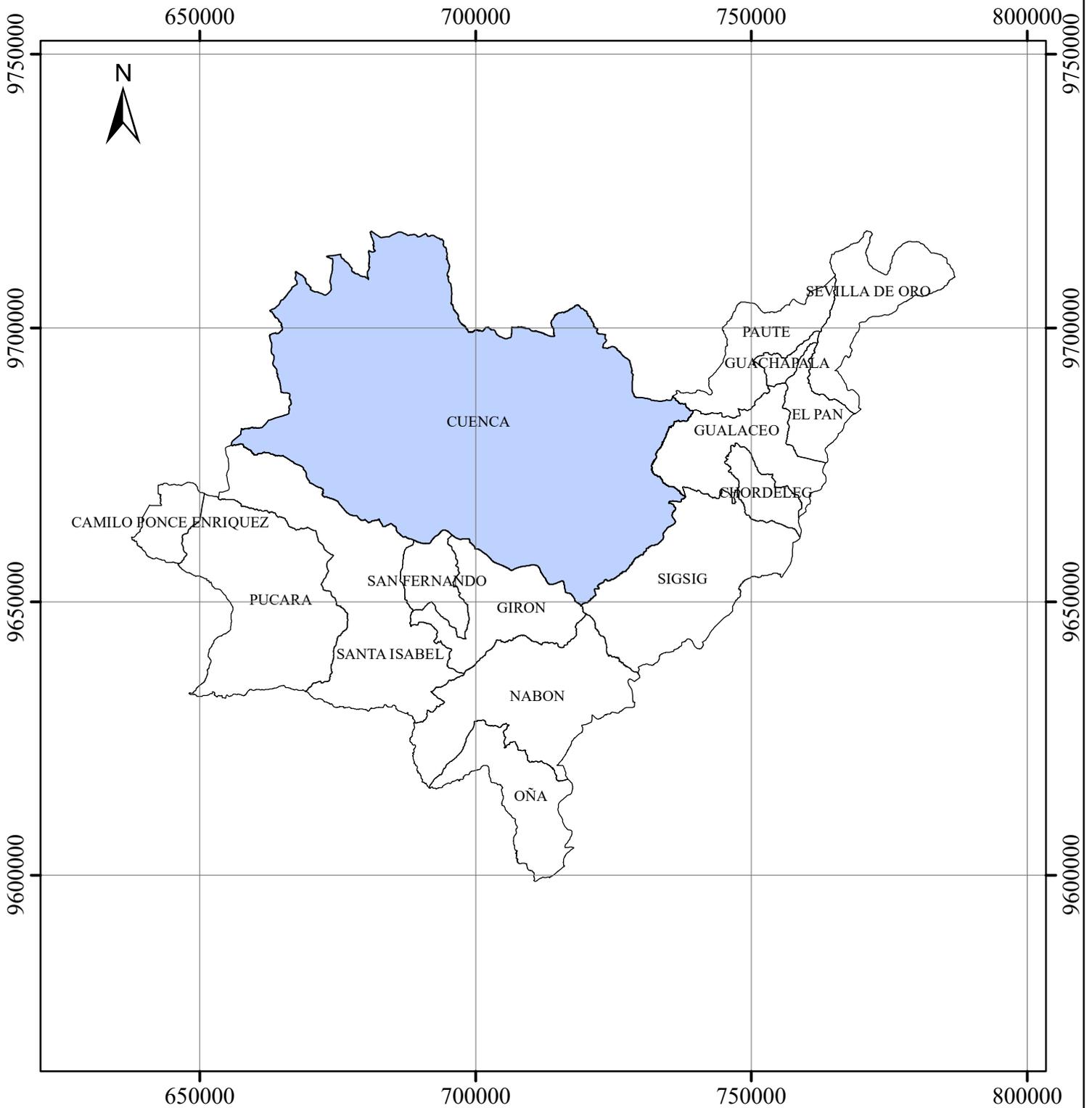
- Otras provincias
- Azuay

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 10,000,000.0000
 Central Meridian: -81.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

Anexo 1.2

Mapa de ubicación cantonal

"Determinación de la velocidad del flujo en el río Yanuncay, por el método de flotadores".



Escala: 1 cm = 10 km

Leyenda

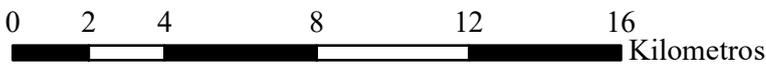
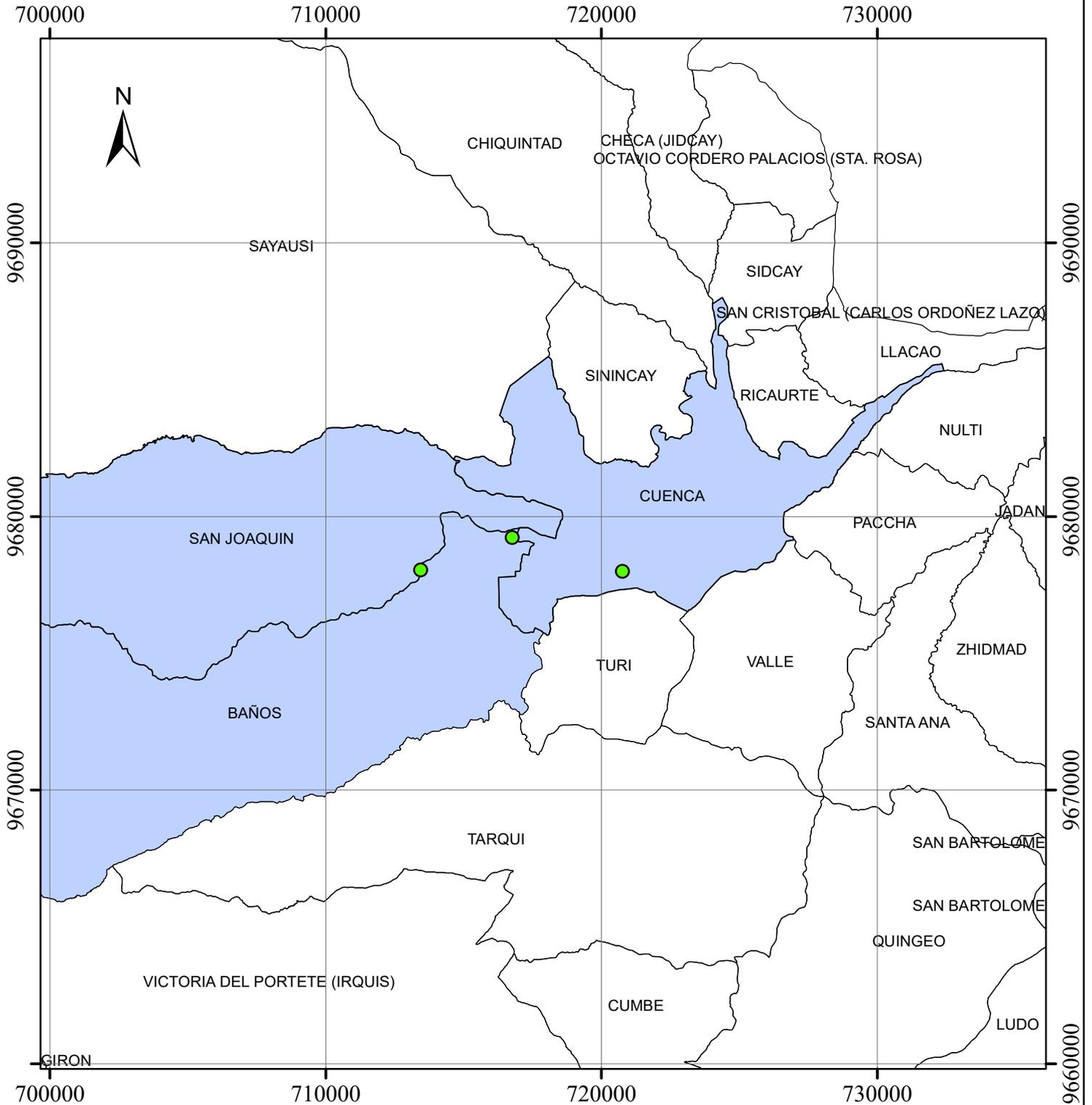
-  Otros cantones
-  Cuenca

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 10,000,000.0000
Central Meridian: -81.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

Anexo 1.3

Mapa de ubicación parroquial

"Determinación de la velocidad del flujo en el río Yanuncay, por el método de flotadores".



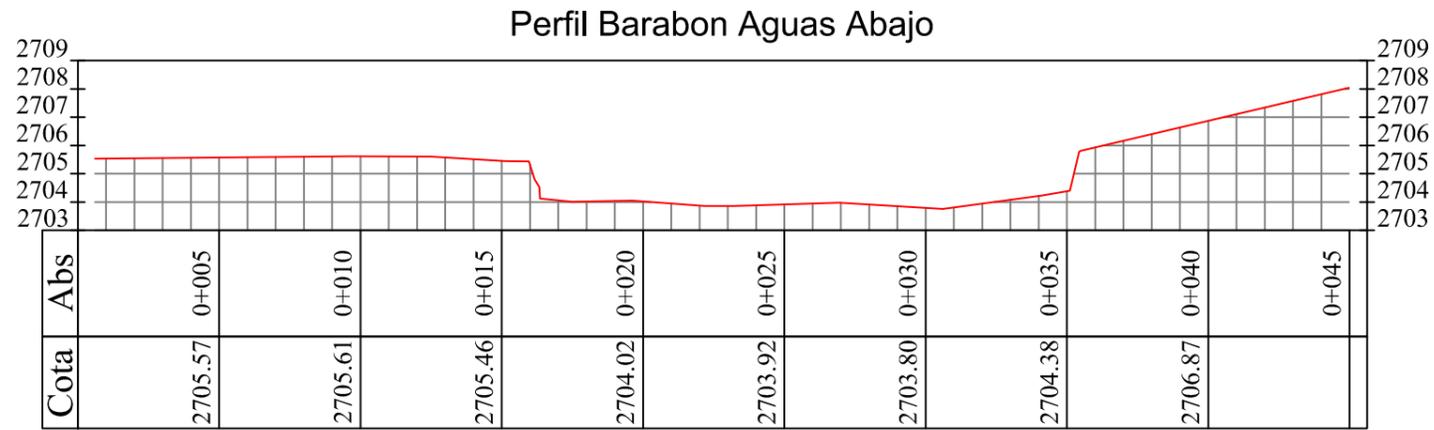
Escala: 1 cm = 2 km

Leyenda

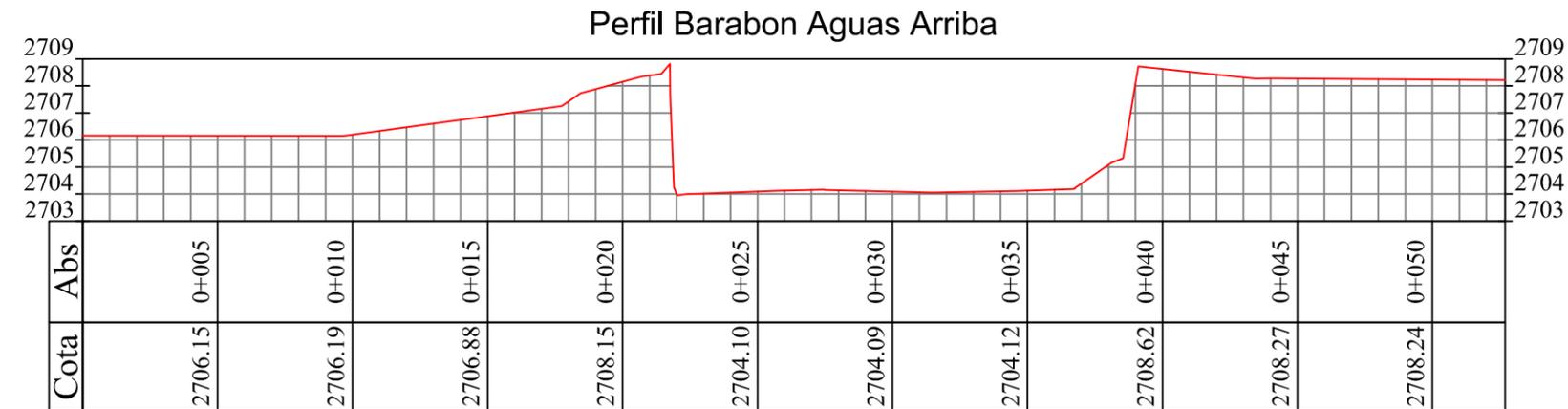
-  Otras parroquias
-  Baños
-  Cuenca
-  San Joaquin

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 10,000,000.0000
Central Meridian: -81.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

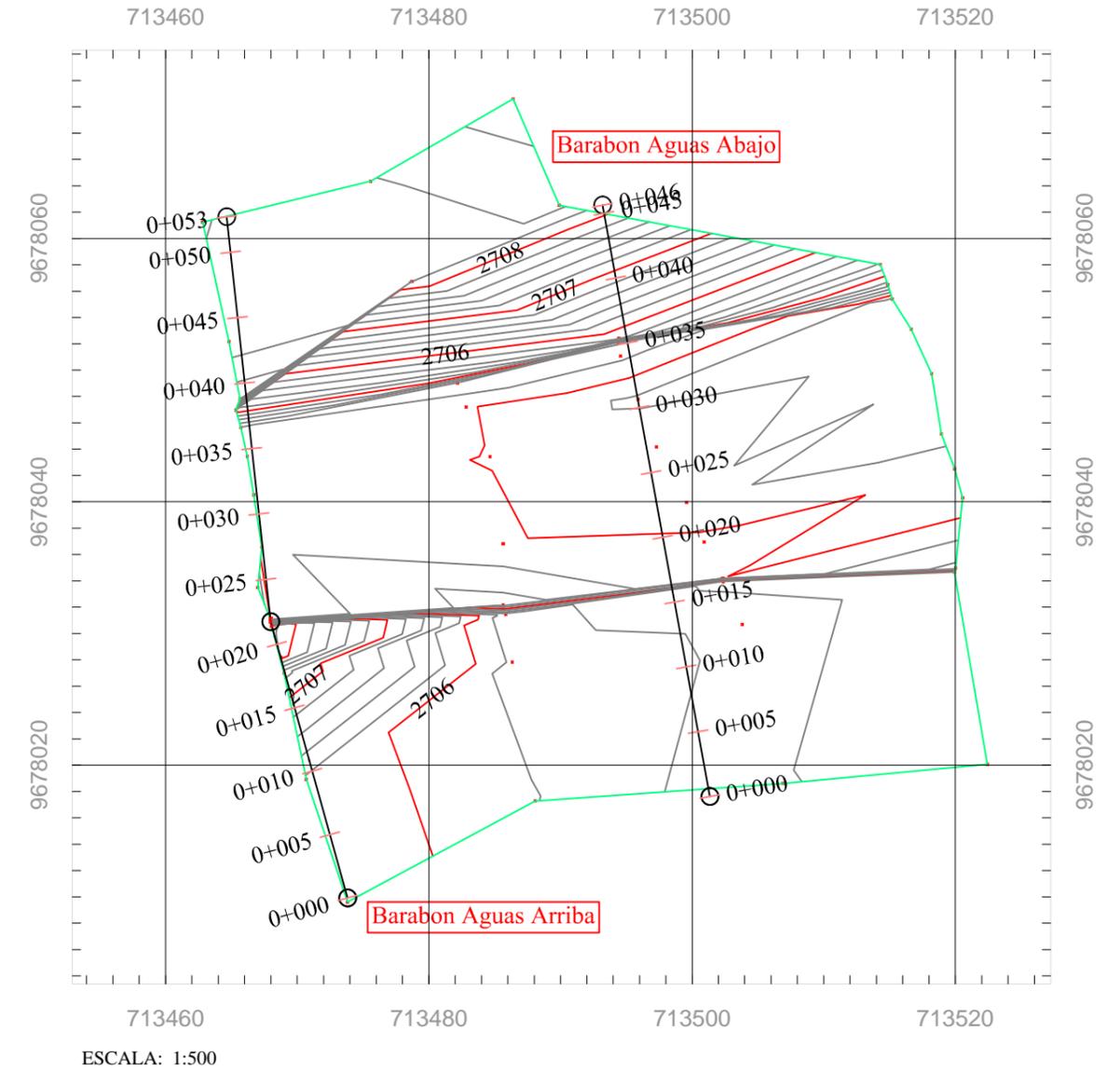
ANEXO 2
LEVANTAMIENTO
TOPOGRAFICO



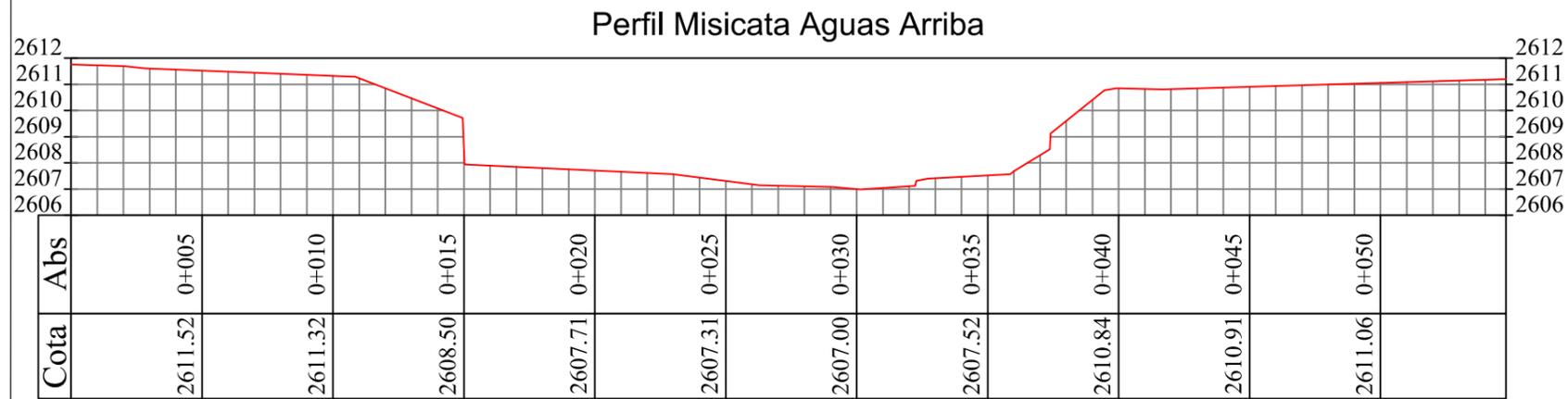
ESCALA: 1:250



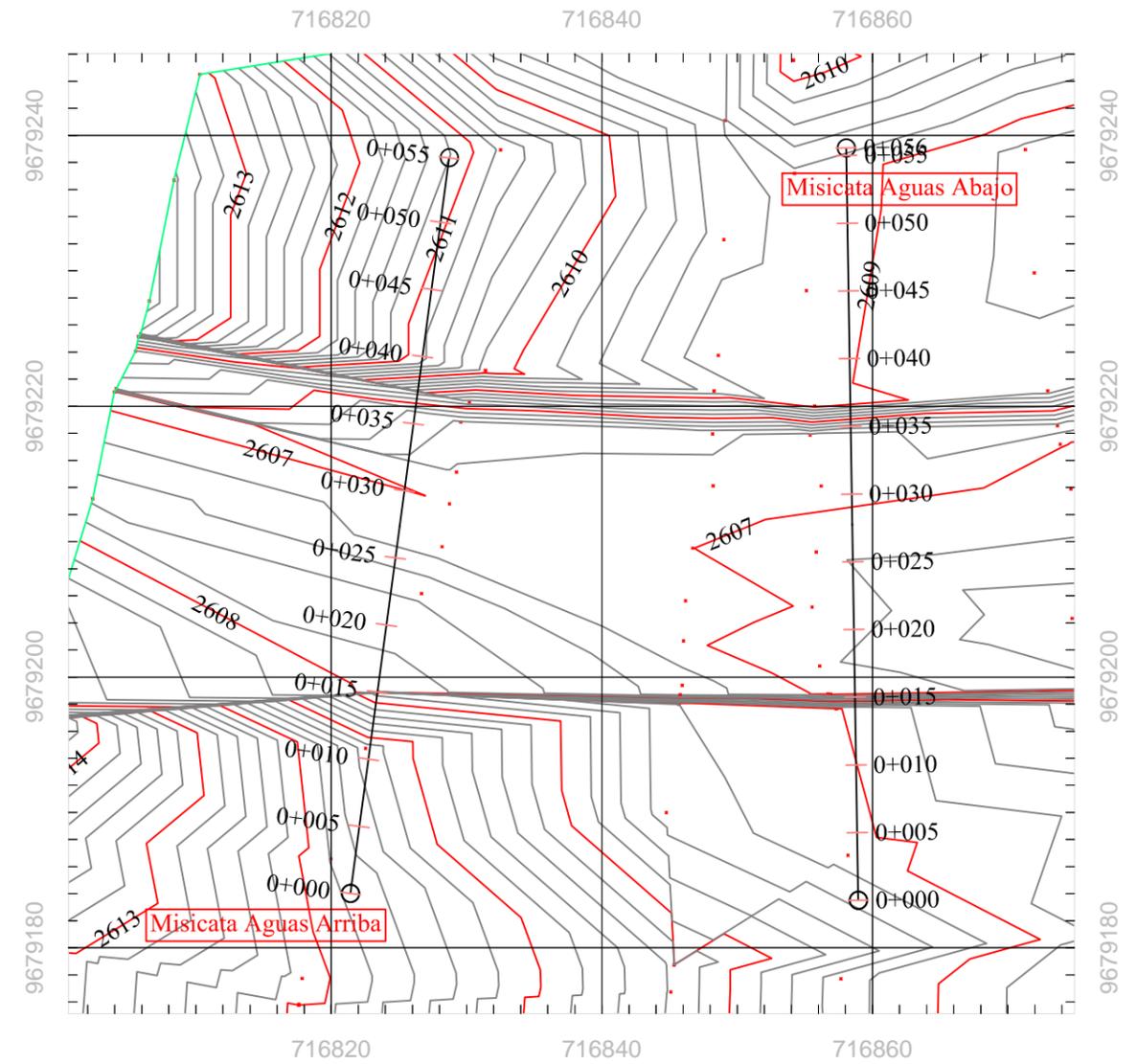
ESCALA: 1:250



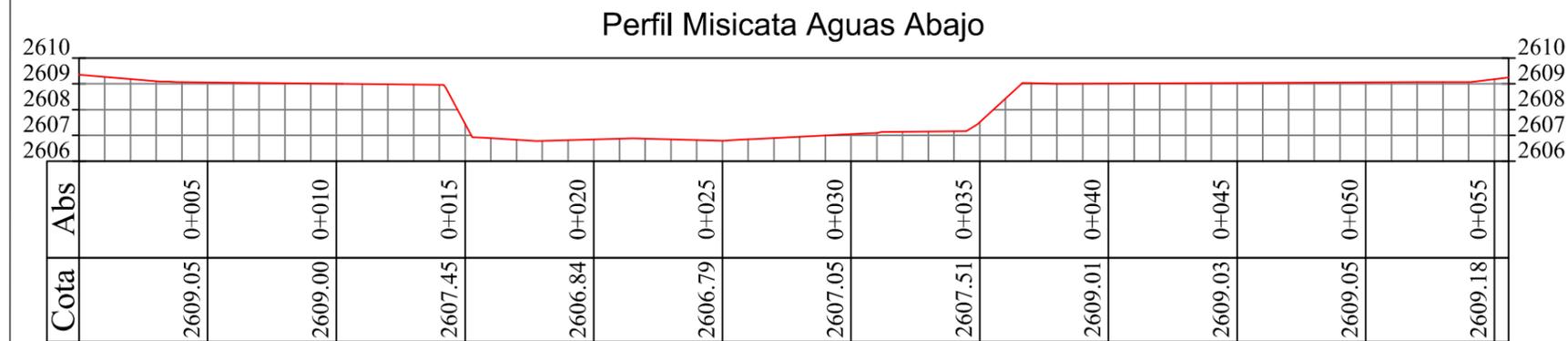
 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES.</p>	
<p>PROYECTO: "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES".</p>	
<p>CONTENIDO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR PUENTE DE BARABÓN. - PERFIL TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA. - PERFIL TRANSVERSAL AGUAS ABAJO. 	
<p>CONSULTOR:</p> <p style="text-align: center;">_____ JOSÉ ANDRÉS PLACENCIO GARCÍA CÓDIGO: 50371</p>	<p>REVISIÓN:</p> <p style="text-align: center;">_____ ING. JAVIER FERNANDEZ DE COÓRDOVA WEBSTER Msc.</p>
<p>ESCALA: LAS INDICADAS</p>	<p>FECHA: JUNIO - 2017</p>
<p>ARCHIVO: ANEXO 2 PUENTE BARABÓN</p>	<p>HOJA: 1 de 1</p>



ESCALA: 1:250



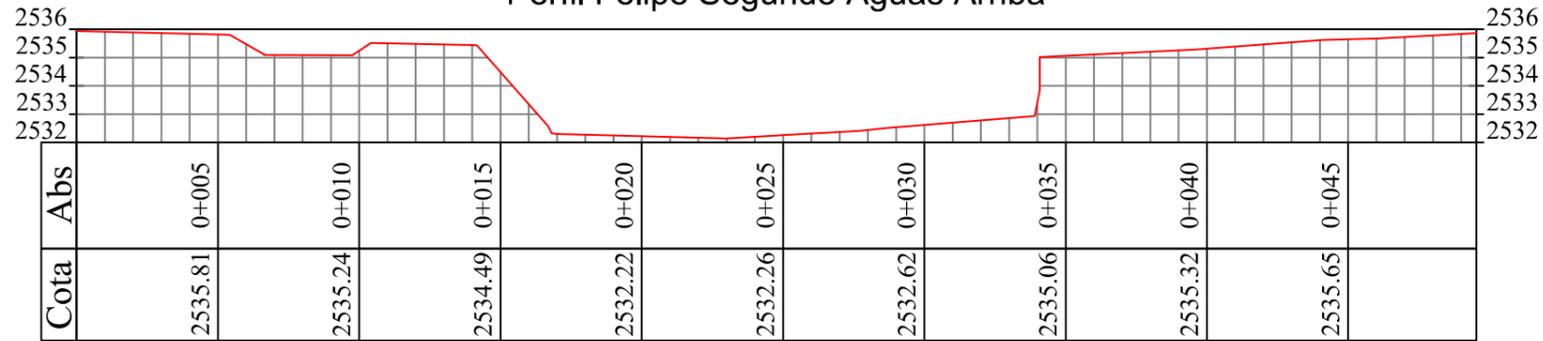
ESCALA: 1:500



ESCALA: 1:250

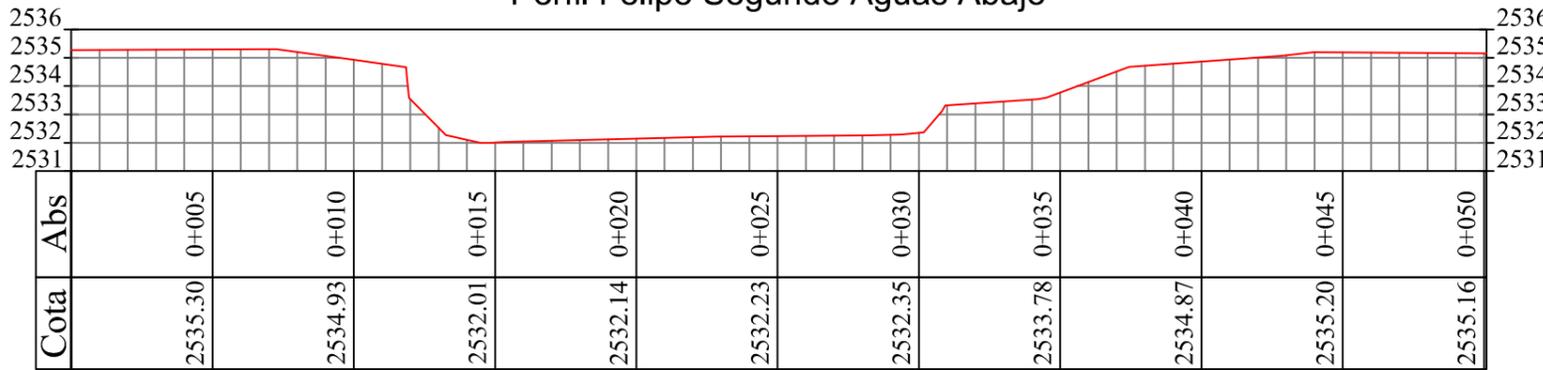
 <p>UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES.</p>	
<p>PROYECTO: "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES".</p>	
<p>CONTENIDO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR PUENTE DE MISICATA. - PERFIL TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA. - PERFIL TRANSVERSAL AGUAS ABAJO. 	
<p>CONSULTOR:</p> <p style="text-align: center;">_____ JOSÉ ANDRÉS PLACENCIO GARCÍA CÓDIGO: 50371</p>	<p>REVISIÓN:</p> <p style="text-align: center;">_____ ING. JAVIER FERNANDEZ DE COÓRDOVA WEBSTER Msc.</p>
<p>ESCALA: LAS INDICADAS</p>	<p>FECHA: JUNIO - 2017</p>
<p>ARCHIVO: ANEXO 2 PUENTE MISICATA</p>	<p>HOJA: 1 de 1</p>

Perfil Felipe Segundo Aguas Arriba

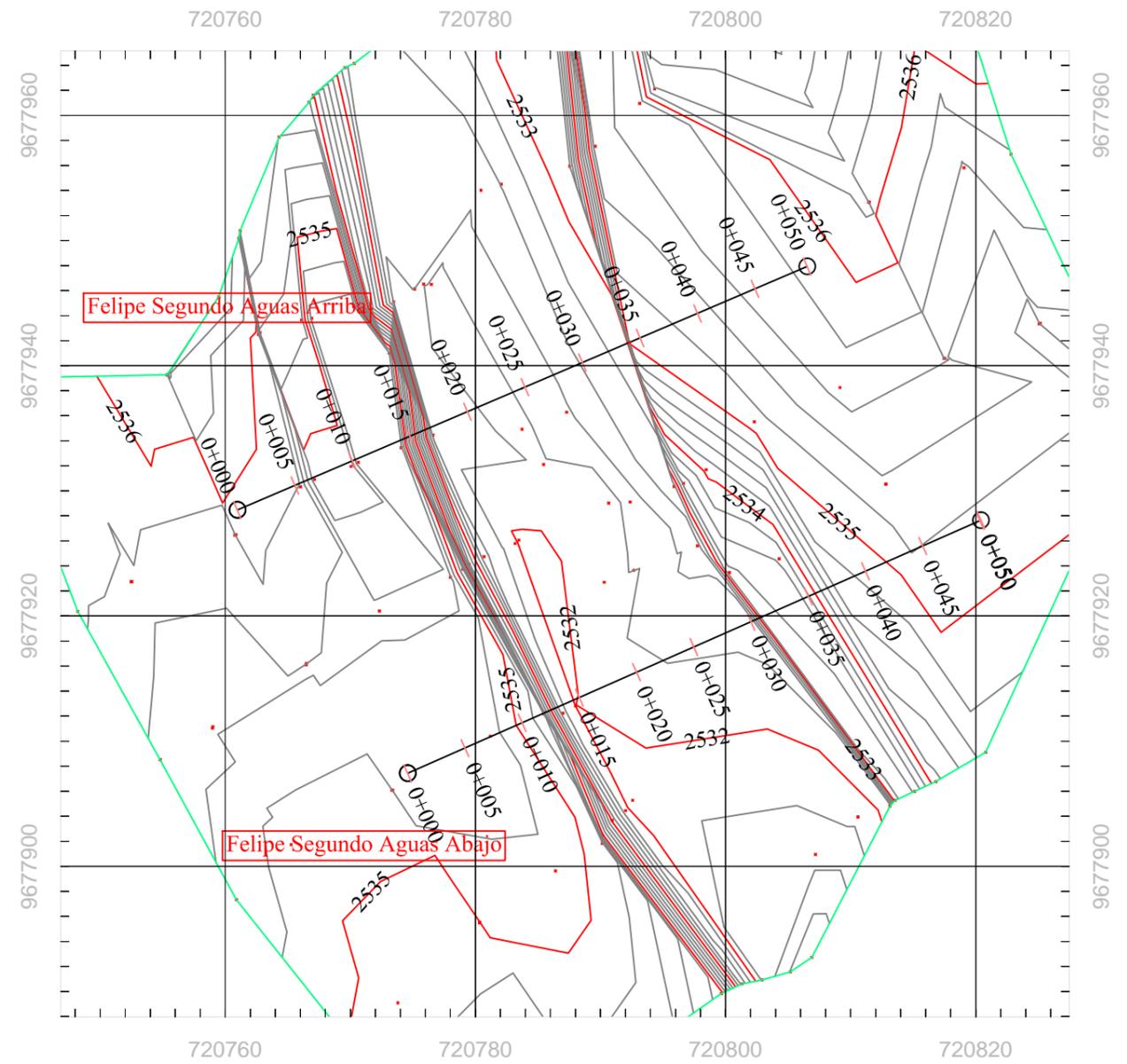


ESCALA: 1:250

Perfil Felipe Segundo Aguas Abajo



ESCALA: 1:250



ESCALA: 1:500

 <p>UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES.</p>			
<p>PROYECTO: "DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES".</p>			
<p>CONTENIDO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR PUENTE DE FELIPE II. - PERFIL TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA. - PERFIL TRANSVERSAL AGUAS ABAJO. 			
<p>CONSULTOR:</p> <p>_____ JOSÉ ANDRÉS PLACENCIO GARCÍA CÓDIGO: 50371</p>		<p>REVISIÓN:</p> <p>_____ ING. JAVIER FERNANDEZ DE COÓRDOVA WEBSTER Msc.</p>	
<p>ESCALA:</p> <p>LAS INDICADAS</p>	<p>FECHA:</p> <p>JUNIO - 2017</p>	<p>ARCHIVO:</p> <p>ANEXO 2 PUENTE FELIPE II</p>	<p>HOJA:</p> <p>1 de 1</p>

ANEXO 3
REGISTRO DE
AFOROS

**DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL
MÉTODO DE FLOTADORES**

SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
BARABÓN	26/05/2016	2704.76	2704.55	1	15.72	17.19	17.31
				2	17.28	17.20	15.83
				3	15.45	15.48	16.31
				4	-	17.66	-
				5	-	15.96	-
	14/06/2016	2705.10	2704.85	1	10.49	10.12	10.66
				2	10.54	10.17	10.73
	21/06/2016	2705.25	2704.95	1	8.20	9.61	-
				2	-	9.59	-
				3	-	9.42	-
				4	-	9.50	-
	23/06/2016	2705.25	2704.95	1	9.40	9.35	-
				2	-	9.10	-
				3	-	9.41	-
				4	-	9.42	-
	15/01/2017	2705.25	2704.95	1	7.04	6.88	7.66
				2	7.86	7.28	8.82
				3	8.91	9.18	7.56
				4	8.77	7.53	8.98
				5	10.66	8.61	8.38
	03/03/2017	2704.90	2704.60	1	11.59	11.36	13.98
				2	11.73	11.04	12.08
				3	13.73	10.91	25.75
				4	12.66	11.19	11.50
				5	10.38	-	-
				6	10.51	-	-
	11/03/2017	2705.35	2705.05	1	7.22	6.93	7.99
				2	7.83	6.89	7.91
				3	7.66	7.19	7.80
				4	7.41	6.98	7.66
				5	7.37	7.05	8.11
	12/03/2017	2704.94	2704.65	1	19.10	17.00	13.10
				2	17.10	13.80	13.80
				3	26.10	14.30	14.30
				4	13.90	10.80	16.00
				5	13.20	25.00	19.10
	13/03/2017	2704.80	2704.52	1	22.00	24.50	13.80
				2	21.90	17.20	20.30
				3	16.70	19.30	14.30
				4	26.70	16.50	18.80
5				19.30	25.70	21.20	
15/03/2017	2705.40	2705.10	1	7.11	6.60	6.37	
			2	8.21	6.63	7.42	
			3	7.06	6.72	7.69	
			4	7.14	6.87	7.62	
			5	7.19	7.98	7.39	

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
MISICATA	28/04/2016	2608.50	2608.20	1	-	8.85	-
				2	-	8.78	-
				3	-	8.61	-
	14/06/2016	2608.50	2608.20	1	16.54	10.96	-
				2	15.57	11.2	-
				3	-	9.72	-
				4	-	10.47	-
	20/06/2016	2609.05	2608.90	1	6.07	7.05	-
				2	7.68	6.98	-
	21/06/2016	2608.70	2608.35	1	8.75	8.25	-
				2	8.08	9.93	-
				3	-	7.91	-
	23/06/2016	2608.60	2608.30	1	16.92	9.3	-
				2	8.86	14.18	-
				3	-	8.41	-
	15/01/2017	2608.60	2608.30	1	12.14	9.14	12.63
				2	10.65	14.66	9.75
				3	9.83	11.46	9.79
				4	9.96	10.27	9.38
				5	9.13	12.66	8.3
	03/03/2017	2608.25	2608.00	1	13.67	14.73	15.34
				2	23.48	12.94	13.98
				3	16.51	13.57	30.47
				4	16.02	14.8	13.73
				5	-	13.13	13.24
	11/03/2017	2608.70	2608.35	1	10.59	8.74	9.26
				2	11.61	12.31	9.49
				3	10.91	8.56	11.01
				4	10.81	8.68	9.32
				5	11.06	12.06	9.29
	12/03/2017	2608.24	2607.97	1	11.7	11.1	12.6
				2	28.9	12.5	-
				3	14.8	14.8	-
				4	16.8	12.8	-
				5	16.4	14.5	-
				6	-	11.1	-
				7	-	12.7	-
	13/03/2017	2608.22	2607.90	1	16.6	17	19.1
				2	17.6	15.9	20.8
				3	21.6	16.3	21.5
				4	19	-	21.1
				5	17.3	-	-
15/03/2017	2608.75	2608.40	1	10.27	8.11	9.29	
			2	10.42	7.98	9.18	
			3	13.05	10.02	10.87	
			4	10.81	8.52	9.39	
			5	10.63	8.21	9.33	

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO		
		CONTROL 1	CONTROL 2		IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
AV. FELIPE II	20/06/2016	2534.06	2533.90	1	4.55	4.65	-
				2	4.58	4.58	-
				3	-	4.80	-
				4	-	4.62	-
	12/01/2017	2533.00	2532.79	1	16.19	9.54	14.24
				2	14.90	11.28	15.09
				3	20.31	9.80	23.25
				4	12.08	11.87	14.98
				5	11.46	-	-
				6	9.76	-	-
				7	9.46	-	-
				8	9.93	-	-
	15/01/2017	2533.43	2533.25	1	7.79	7.42	7.91
				2	8.03	7.32	8.93
				3	7.90	7.64	12.08
				4	8.15	9.97	7.69
				5	8.67	7.44	8.28
				6	9.25	-	-
				7	7.90	-	-
	03/03/2017	2533.10	2532.90	1	10.92	7.63	8.38
				2	8.86	9.55	25.49
				3	11.19	7.79	15.20
				4	12.10	9.48	9.37
				5	-	7.61	12.38
				6	-	-	22.94
				7	-	-	9.20
	11/03/2017	2533.45	2533.25	1	7.64	7.22	7.11
				2	7.30	7.12	11.03
				3	12.48	7.44	7.93
				4	7.51	10.02	7.69
				5	7.76	7.24	7.82
	12/03/2017	2533.15	2533.00	1	13.60	9.14	10.33
				2	13.41	9.22	11.57
				3	14.59	9.07	10.72
				4	13.63	9.48	10.96
				5	13.52	9.16	10.81
	13/03/2017	2533.00	2532.80	1	13.39	9.69	10.84
				2	14.20	9.29	11.04
				3	13.76	9.25	10.48
				4	13.61	10.76	10.71
				5	13.60	9.05	10.86
	15/03/2017	2533.55	2533.35	1	5.77	8.21	8.38
				2	4.83	7.69	8.73
				3	5.16	7.52	8.53
4				6.87	8.25	10.89	
5				4.52	7.92	8.81	

ANEXO 4
PROCESAMIENTO
DE INFORMACION

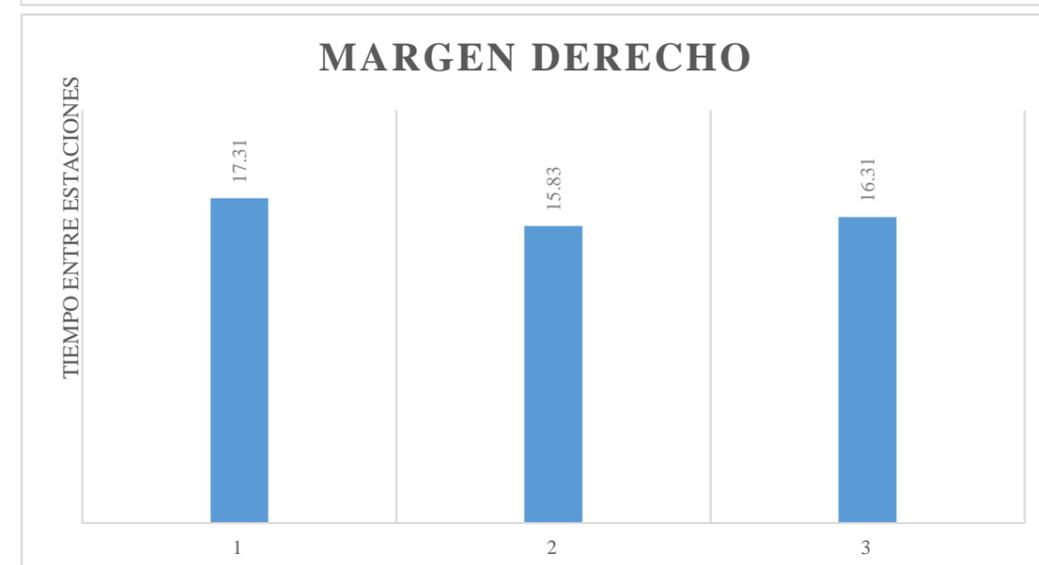
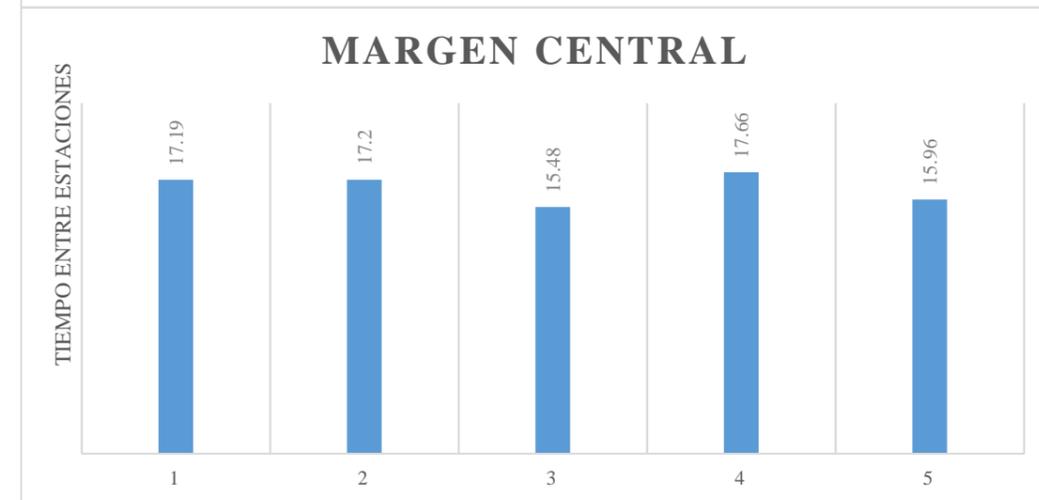
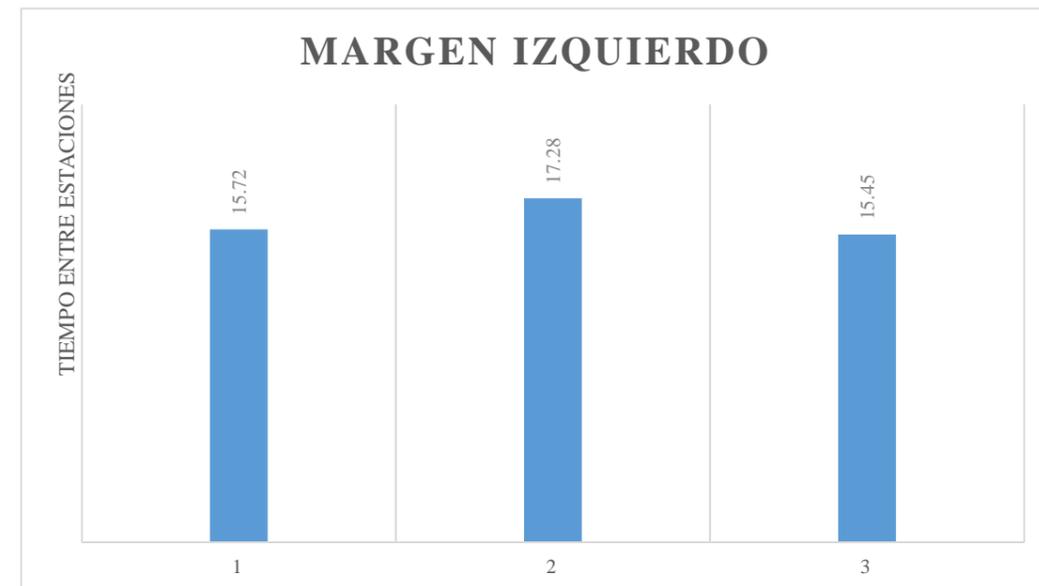
**SECTOR
BARABON**

**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	26/05/2016	Cota aguas arriba (m):	2704.76
Hora inicio:	8:26	Cota aguas abajo (m):	2704.55
Hora fin:	9:15	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1		15.72		17.19		17.31
2		17.28		17.2		15.83
3		15.45		15.48		16.31
4				17.66		
5				15.96		

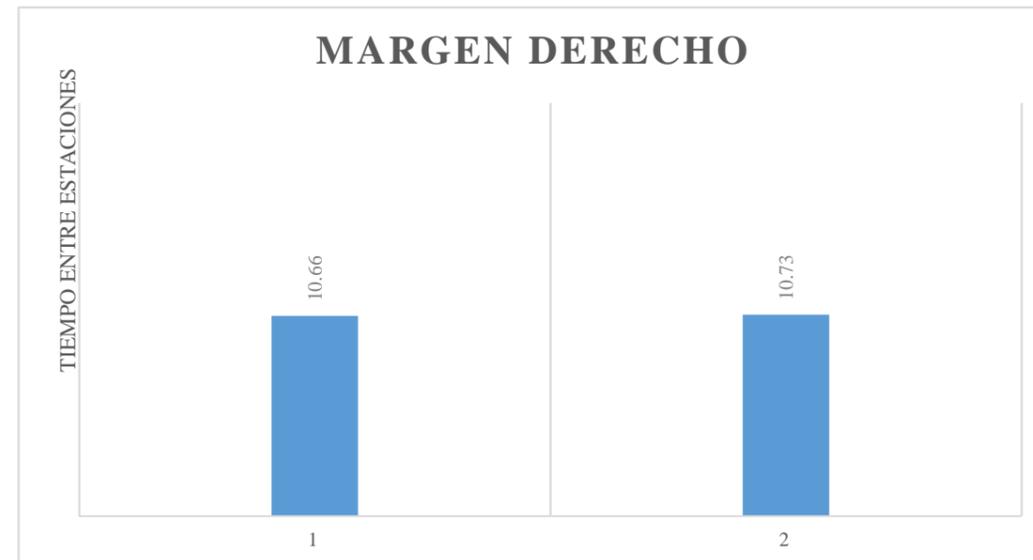
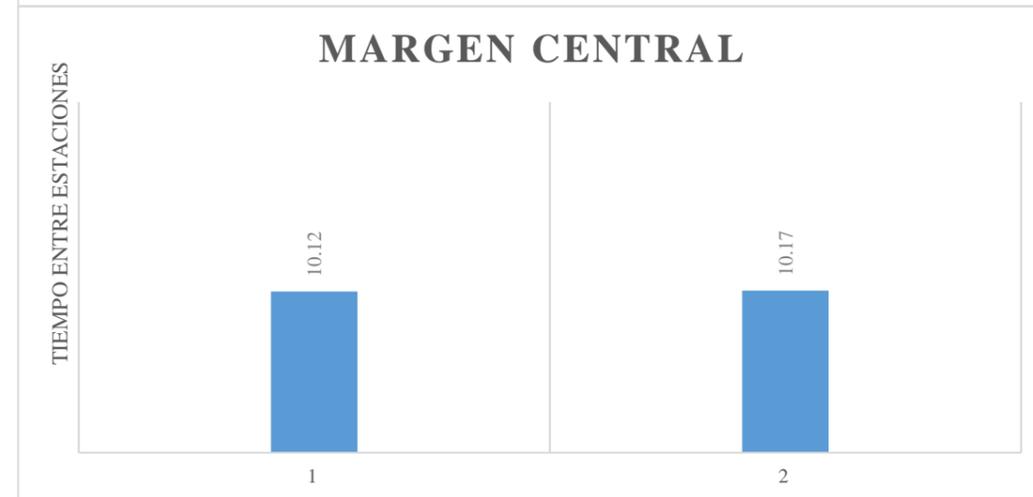
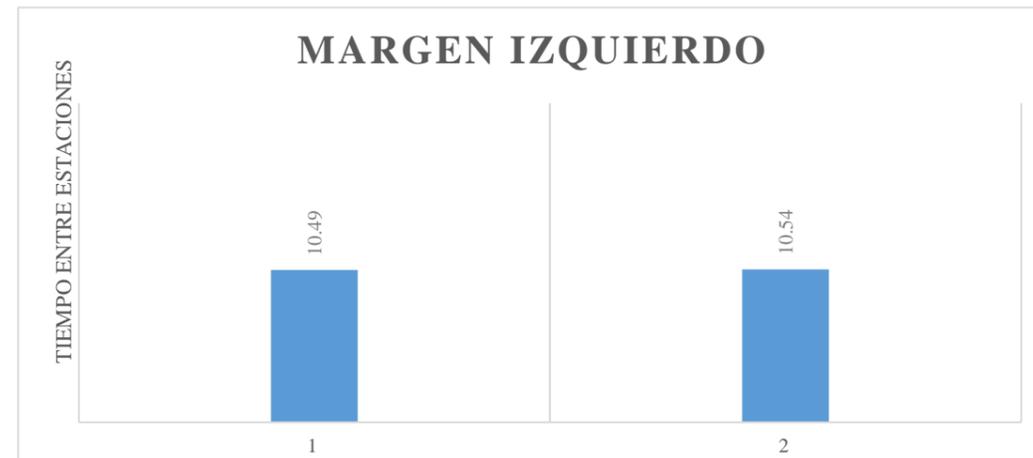
CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	16.15	0.99	1.00	15.16	17.14	1
Central	16.70	0.93	1.00	15.77	17.63	2
Derecho	16.48	0.76	1.00	15.73	17.24	1



**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES						
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.20			
Fecha:	14/06/2016	Cota aguas arriba (m):	2705.10			
Hora inicio:	10:15	Cota aguas abajo (m):	2704.85			
Hora fin:	11:05	Aforador:	A. Placencio			
Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	23.12	10.49	21.23	10.12	23.09	10.66
2	23.08	10.54	22.85	10.17	23.16	10.73

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	10.52	0.04	1.00	10.48	10.55	0
Central	10.15	0.04	1.00	10.11	10.18	0
Derecho	10.70	0.05	1.00	10.65	10.74	0

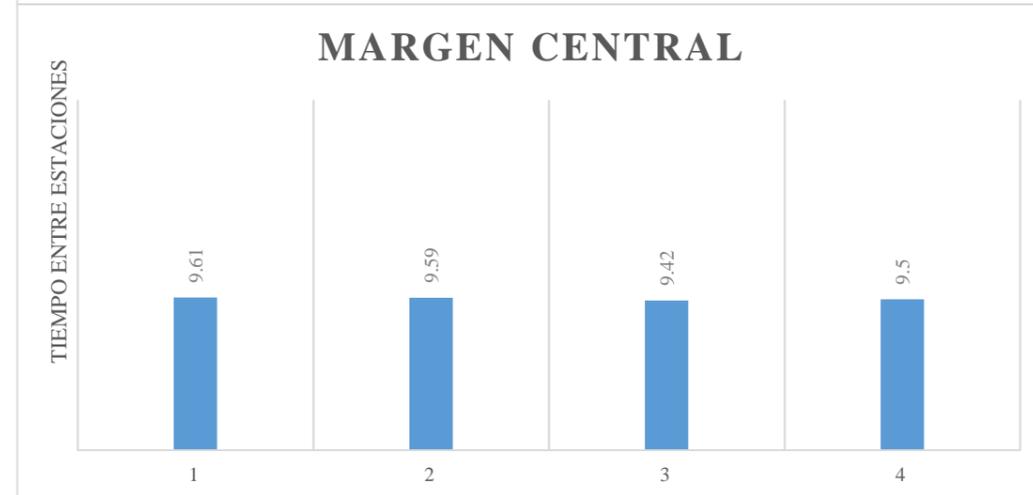
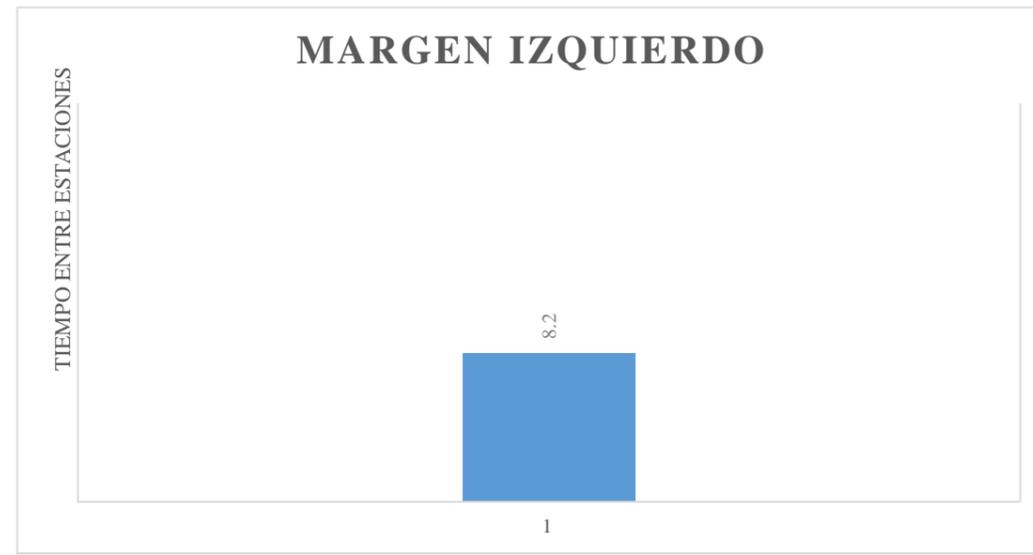


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	21/06/2016	Cota aguas arriba (m):	2705.25
Hora inicio:	9:30	Cota aguas abajo (m):	2704.95
Hora fin:	10:30	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	22.23	8.2	26.62	9.61		
2			20.66	9.59		
3			20.56	9.42		
4			22.59	9.5		

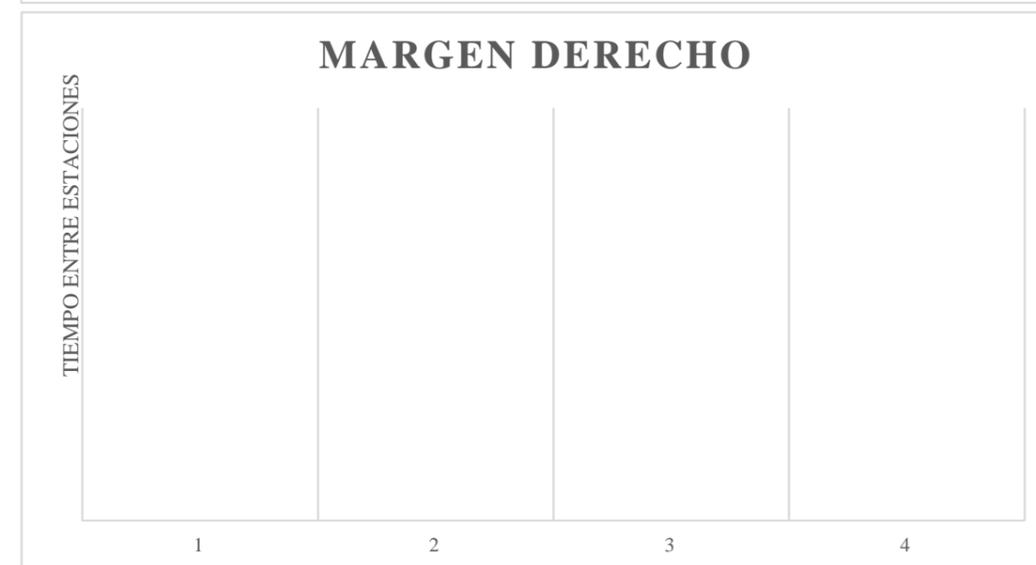
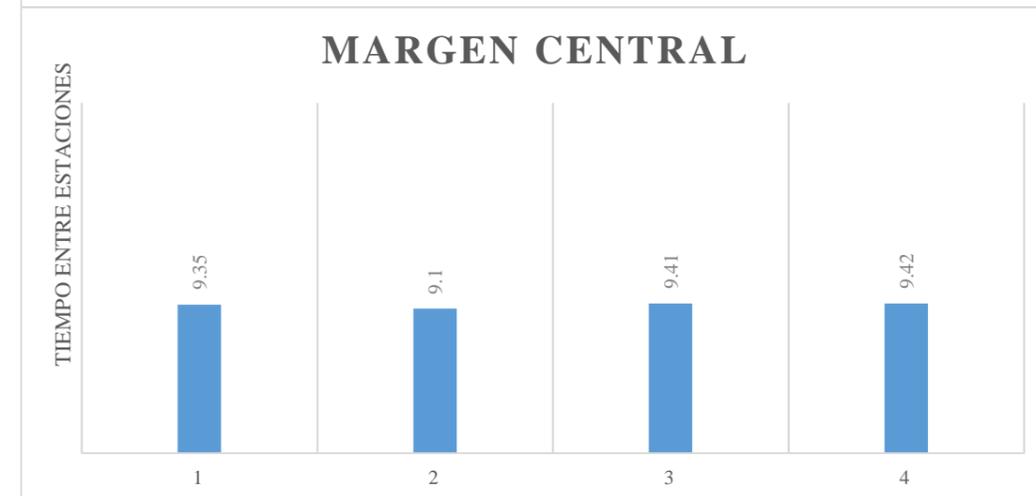
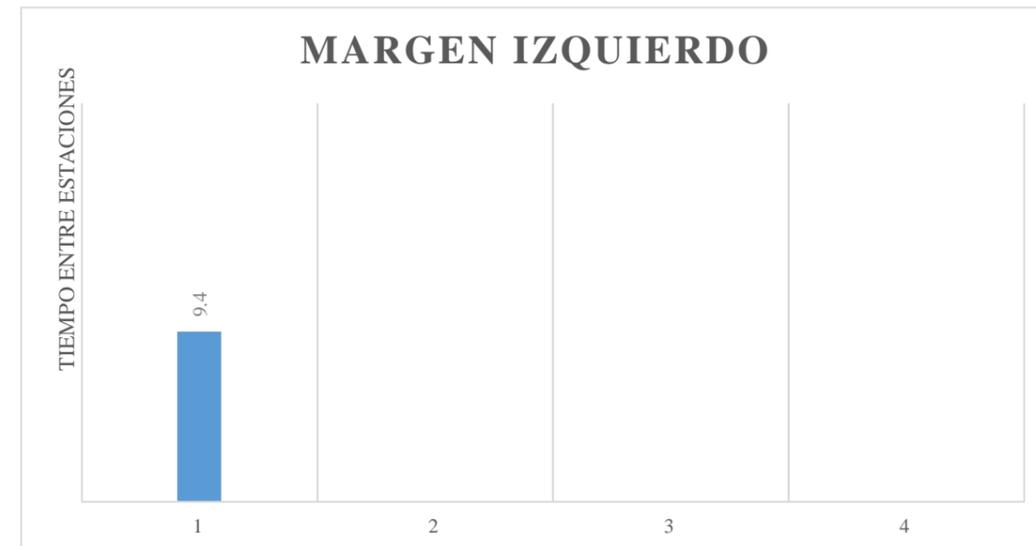
CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	8.20	-	1.00	-	-	0
Central	9.53	0.09	1.00	9.44	9.62	1
Derecho	-	-	1.00	-	-	0



**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES						
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.00			
Fecha:	23/06/2016	Cota aguas arriba (m):	2705.25			
Hora inicio:	11:40	Cota aguas abajo (m):	2704.95			
Hora fin:	12:45	Aforador:	A. Placencio			
Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	38.22	9.4	27.07	9.35		
2			21.64	9.1		
3			21.95	9.41		
4			23.56	9.42		

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	9.40	-	1.00	-	-	0
Central	9.32	0.15	1.00	9.17	9.47	1
Derecho	-	-	1.00	-	-	0

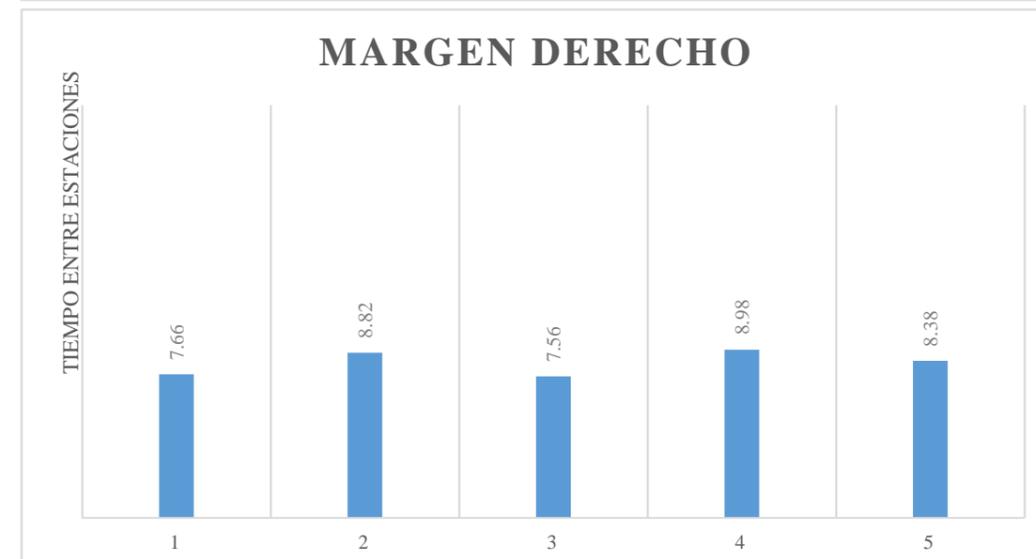
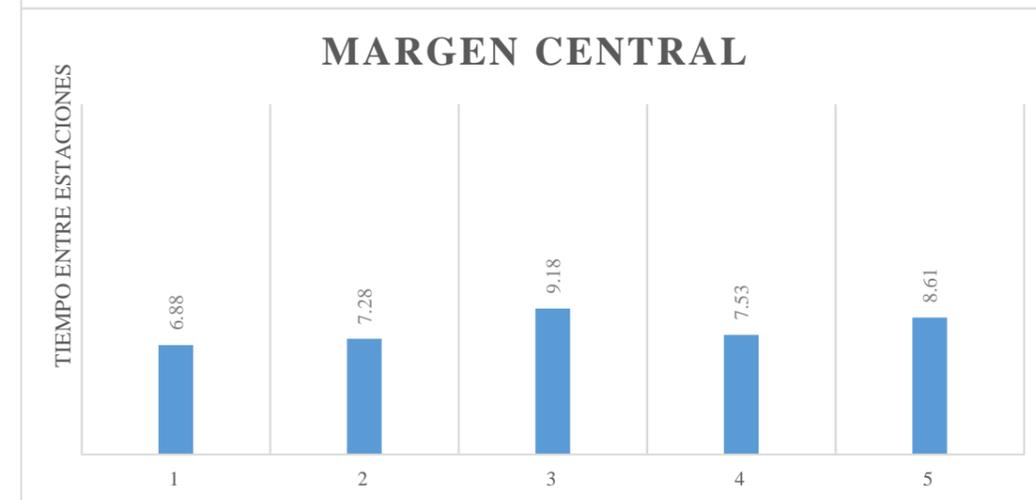
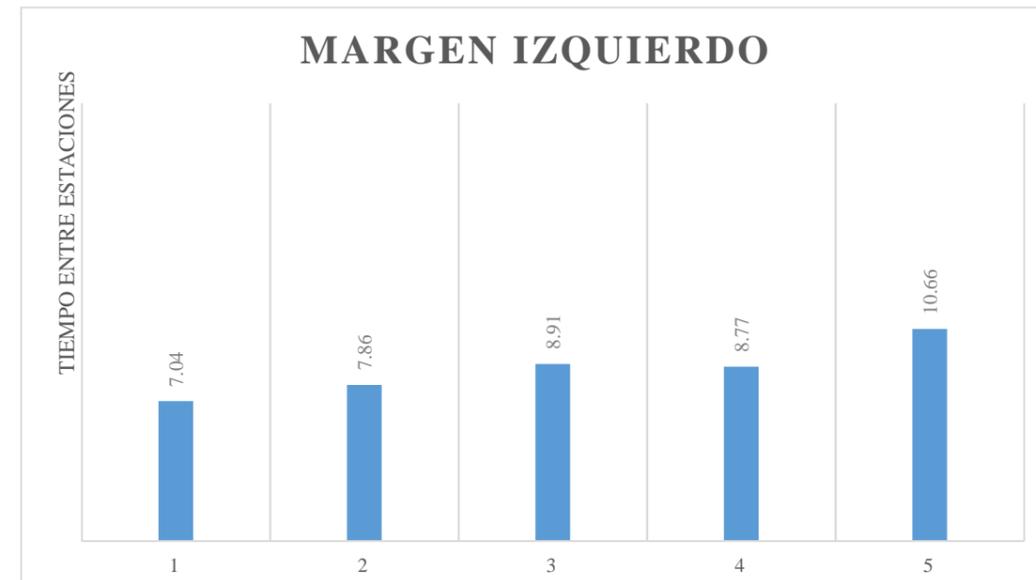


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	15/01/2017	Cota aguas arriba (m):	2705.25
Hora inicio:	10:00	Cota aguas abajo (m):	2704.95
Hora fin:	11:30	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	34.84	7.04	28.37	6.88	16.4	7.66
2	54.58	7.86	24.62	7.28	17.64	8.82
3	60.03	8.91	28.5	9.18	19.4	7.56
4	40.48	8.77	26.67	7.53	18.18	8.98
5	93.42	10.66	25.18	8.61	17.39	8.38

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	8.65	1.35	1.00	7.29	10.00	2
Central	7.90	0.96	1.00	6.93	8.86	2
Derecho	8.28	0.65	1.00	7.63	8.93	2

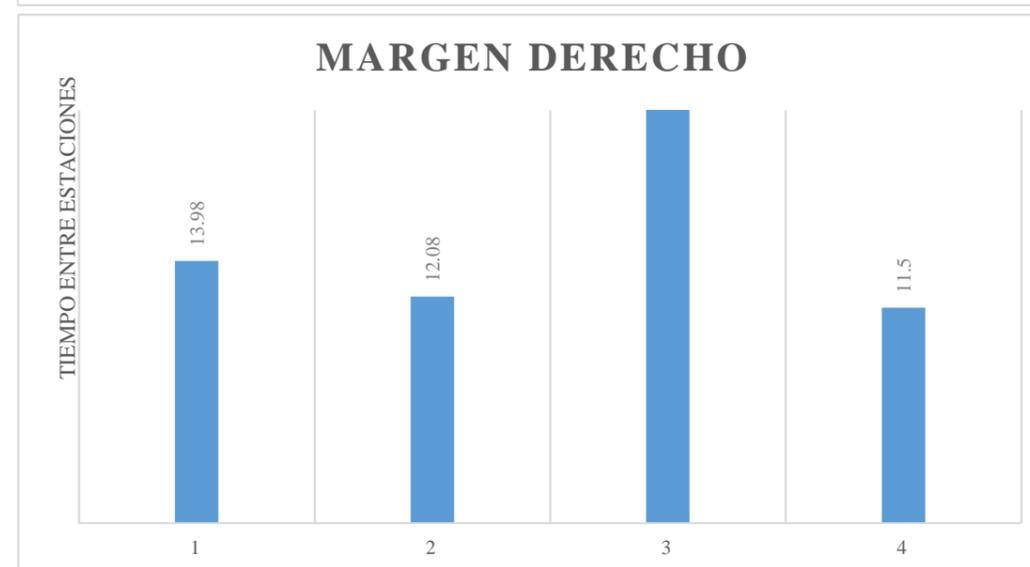
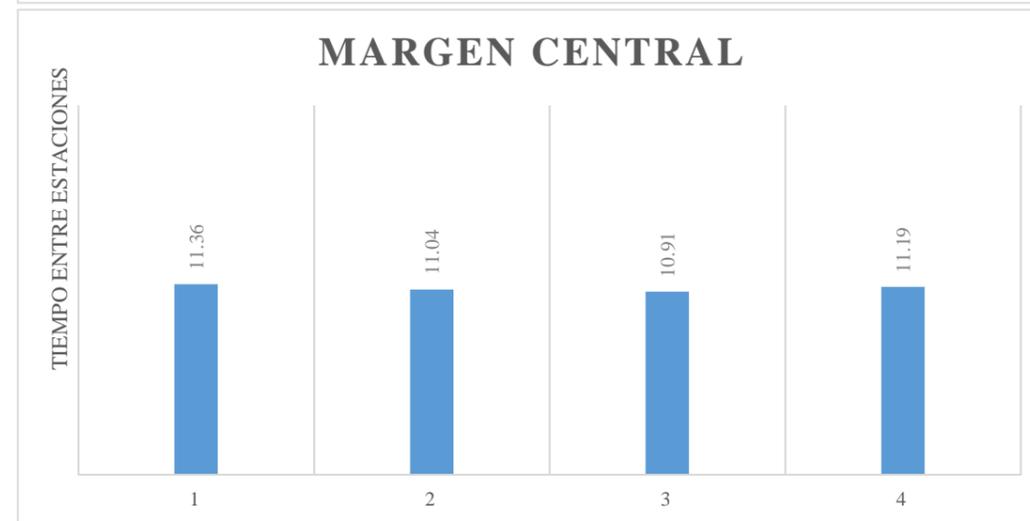
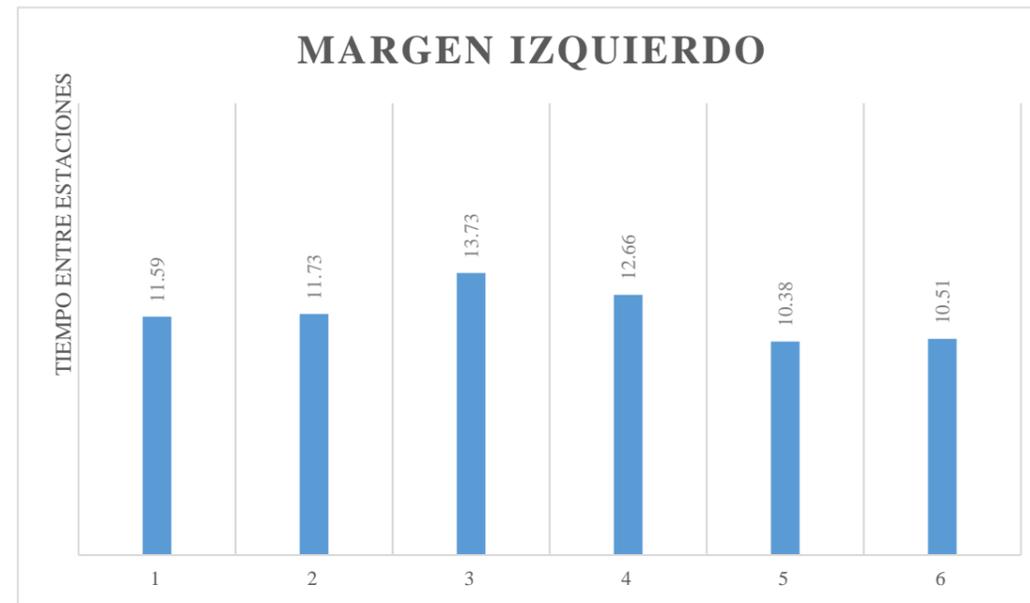


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	03/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2705.25
Hora inicio:	10:45	Cota aguas abajo (m):	2704.95
Hora fin:	11:45	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	38.29	11.59	36.72	11.36	31.43	13.98
2	39.34	11.73	27.07	11.04	30.14	12.08
3	35.95	13.73	25.69	10.91	33.47	25.75
4	43.6	12.66	26.75	11.19	32.21	11.5
5	32.8	10.38				
6	39.86	10.51				

CRITERIO DE CHAUVENET						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	11.77	1.28	1.00	10.49	13.05	2
Central	11.13	0.19	1.00	10.93	11.32	2
Derecho	15.83	6.70	1.00	9.13	22.53	1

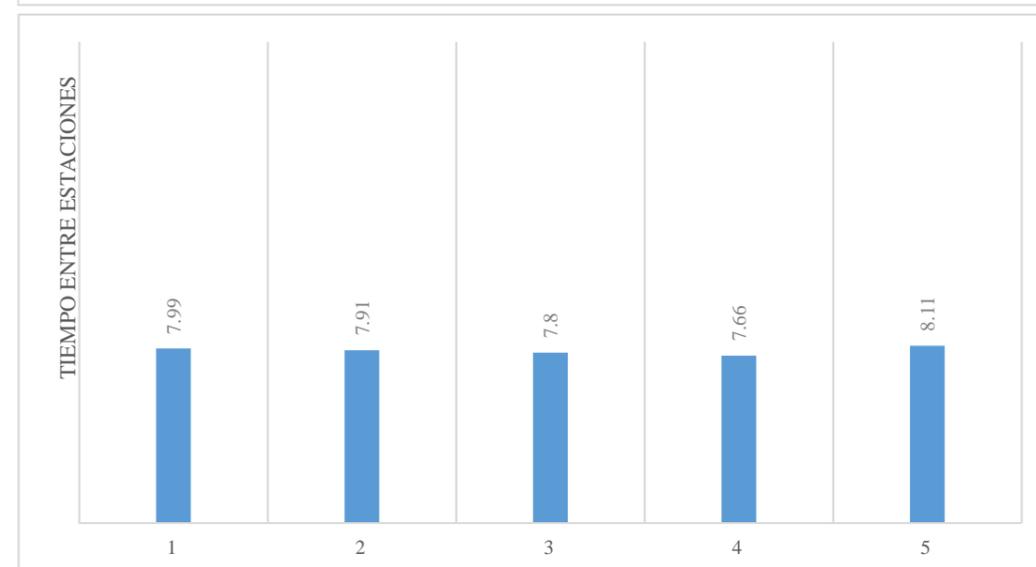
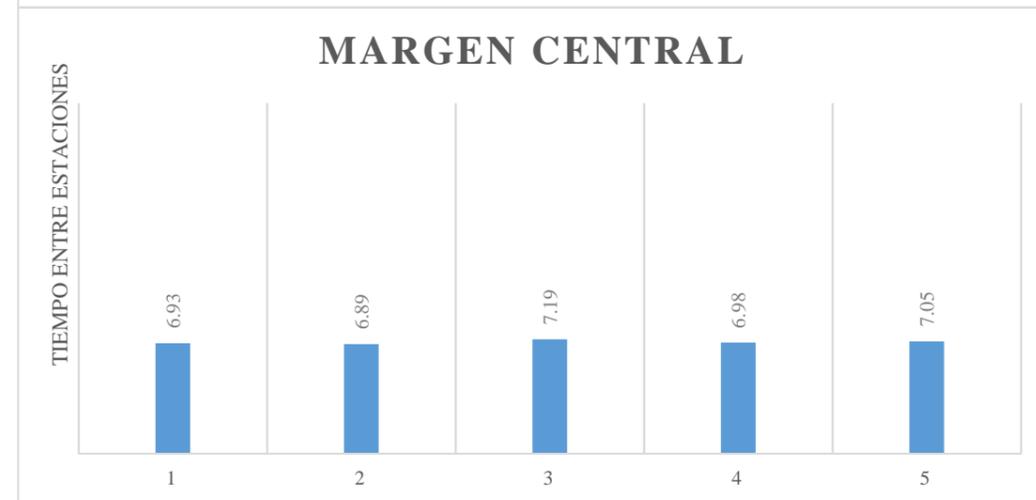
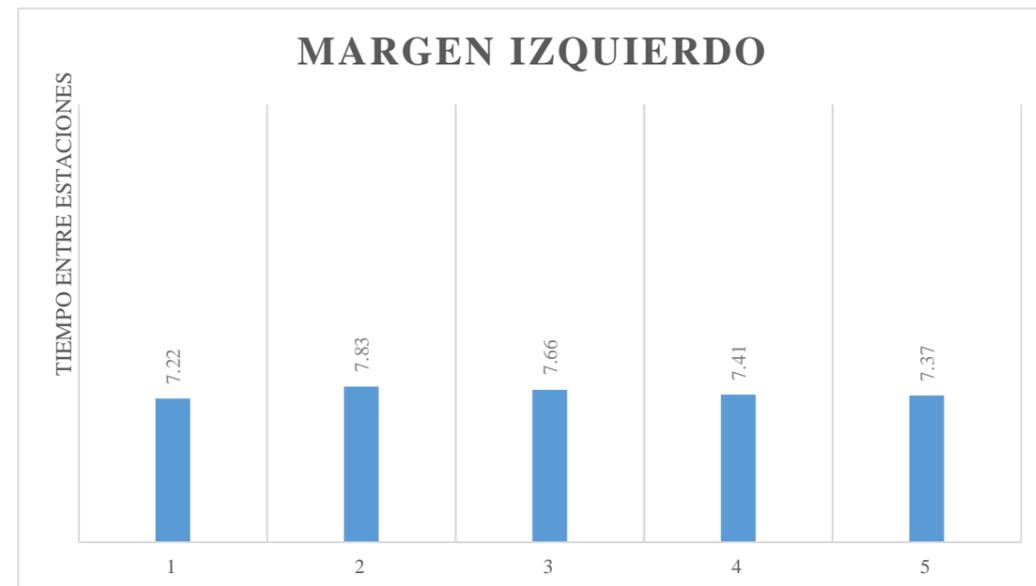


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.10
Fecha:	11/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2704.35
Hora inicio:	10:15	Cota aguas abajo (m):	2705.05
Hora fin:	11:05	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	34.71	7.22	26.54	6.93	17.29	7.99
2	42.46	7.83	23.86	6.89	17.54	7.91
3	40.08	7.66	24.28	7.19	16.36	7.8
4	36.94	7.41	24.97	6.98	17.05	7.66
5	41.65	7.37	25.76	7.05	16.88	8.11

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	7.50	0.24	1.00	7.25	7.74	2
Central	7.01	0.12	1.00	6.89	7.13	1
Derecho	7.89	0.17	1.00	7.72	8.07	2

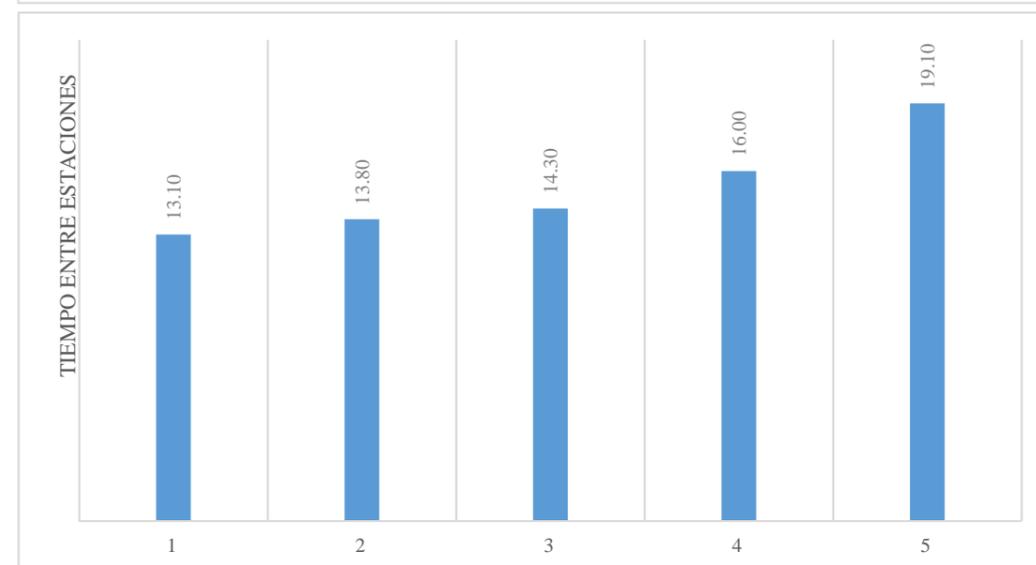
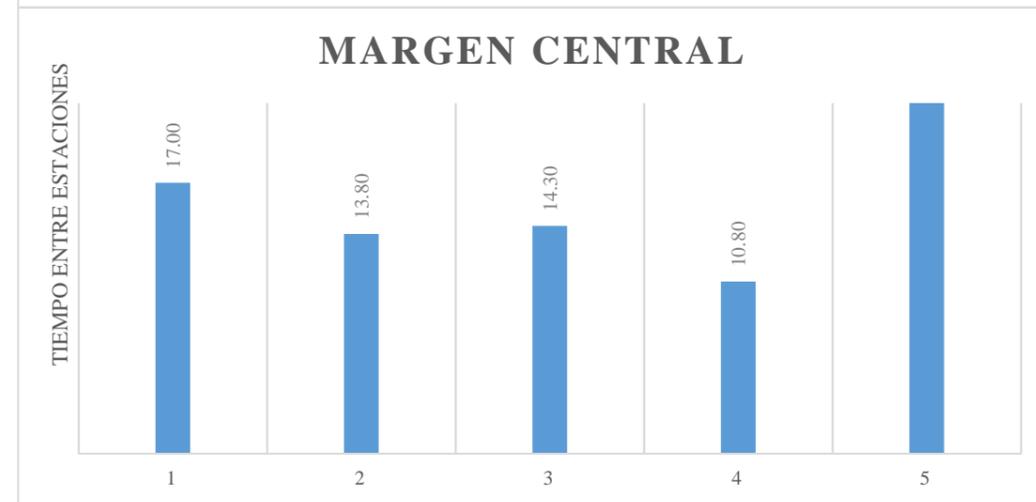
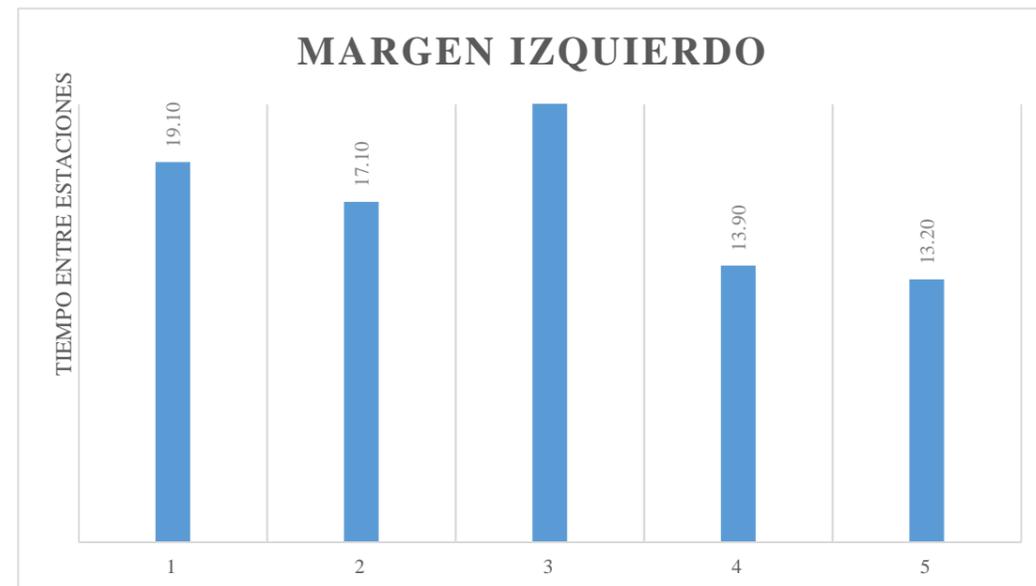


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	12/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2704.94
Hora inicio:	11:50	Cota aguas abajo (m):	2705.65
Hora fin:	12:40	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	35.10	19.10	29.50	17.00	38.00	13.10
2	33.20	17.10	37.90	13.80	33.70	13.80
3	35.10	26.10	36.10	14.30	35.40	14.30
4	33.40	13.90	37.50	10.80	39.20	16.00
5	34.50	13.20	31.00	25.00	41.00	19.10

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	17.88	5.18	1.00	12.70	23.06	1
Central	16.18	5.40	1.00	10.78	21.58	1
Derecho	15.26	2.40	1.00	12.86	17.66	1

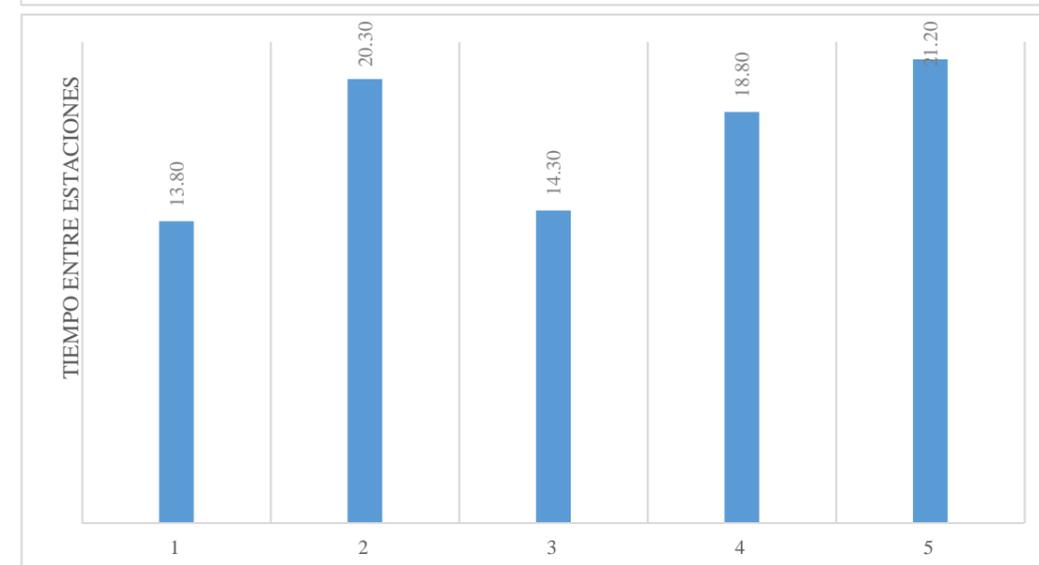
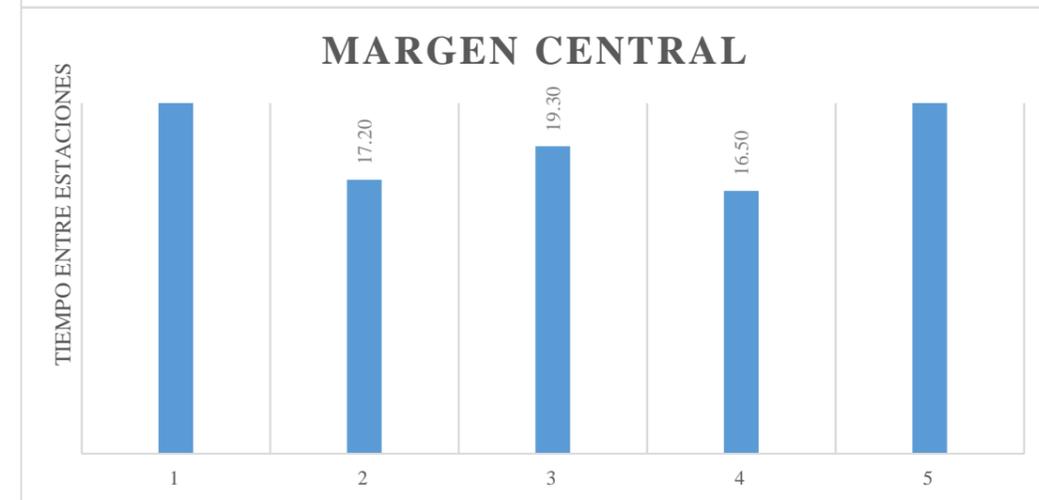
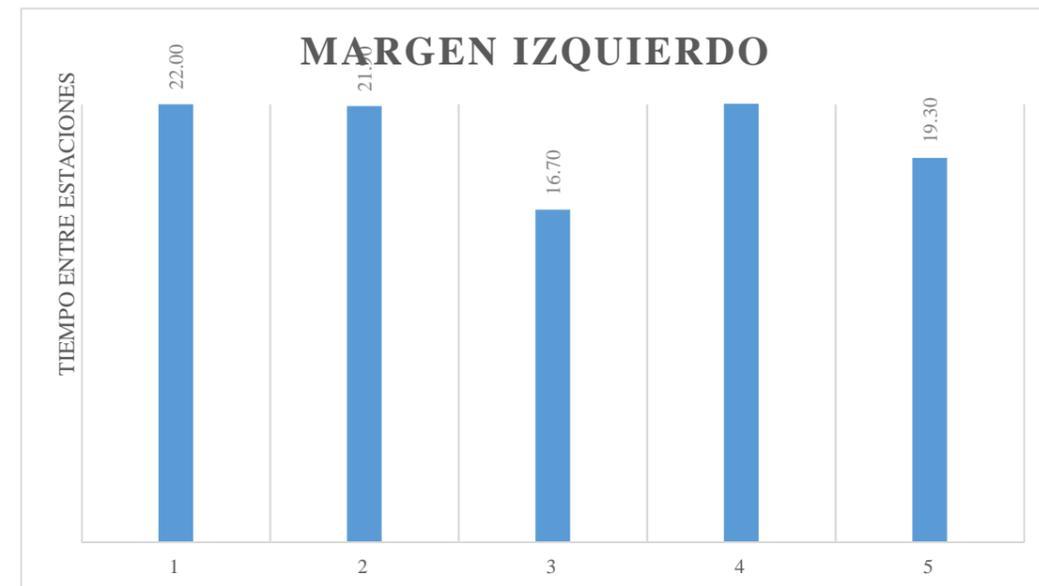


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	13/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2704.80
Hora inicio:	10:40	Cota aguas abajo (m):	2705.52
Hora fin:	11:10	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	35.40	22.00	35.10	24.50	35.60	13.80
2	40.30	21.90	36.80	17.20	39.50	20.30
3	37.90	16.70	34.20	19.30	37.50	14.30
4	38.30	26.70	36.70	16.50	44.20	18.80
5	37.30	19.30	32.40	25.70	40.90	21.20

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	21.32	3.71	1.00	17.61	25.03	2
Central	20.64	4.22	1.00	16.42	24.86	1
Derecho	17.68	3.43	1.00	14.25	21.11	2

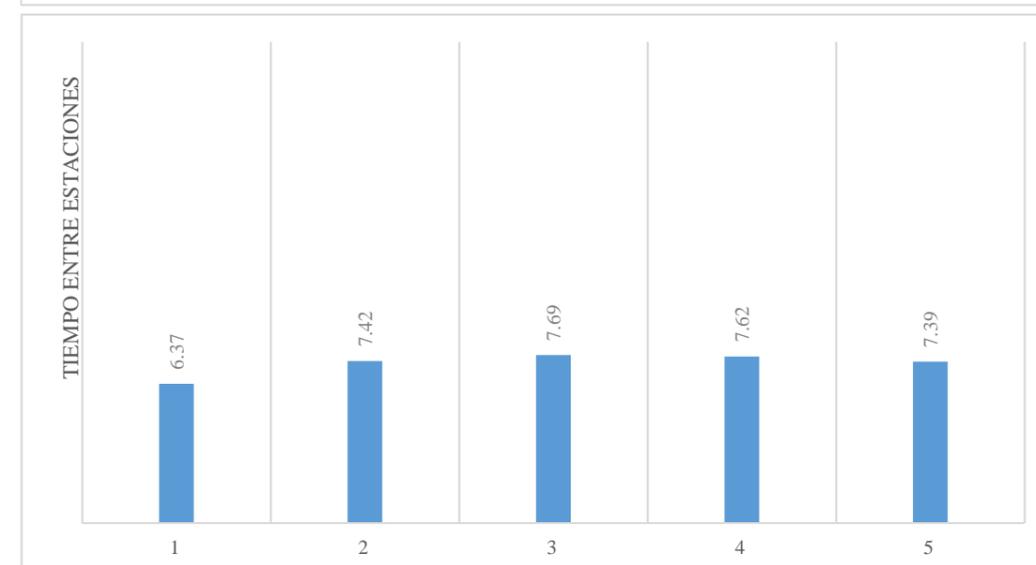
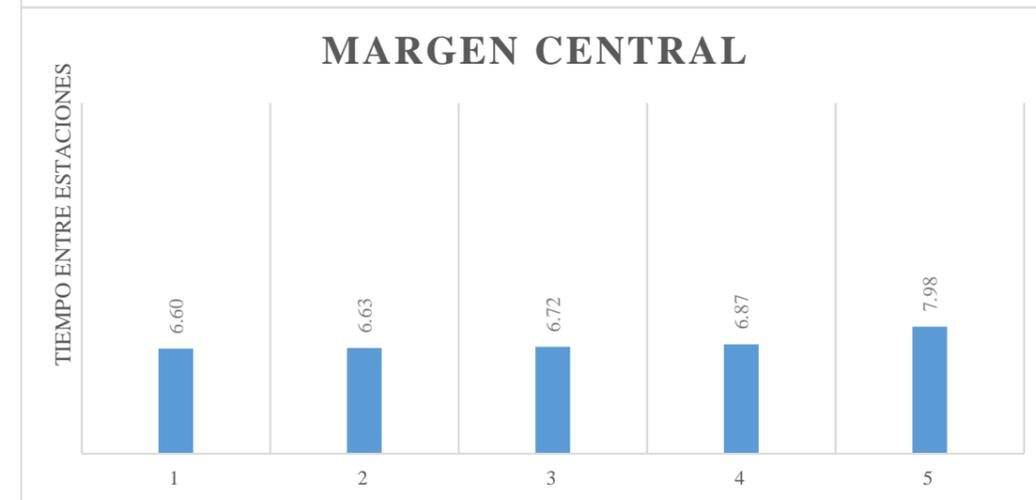
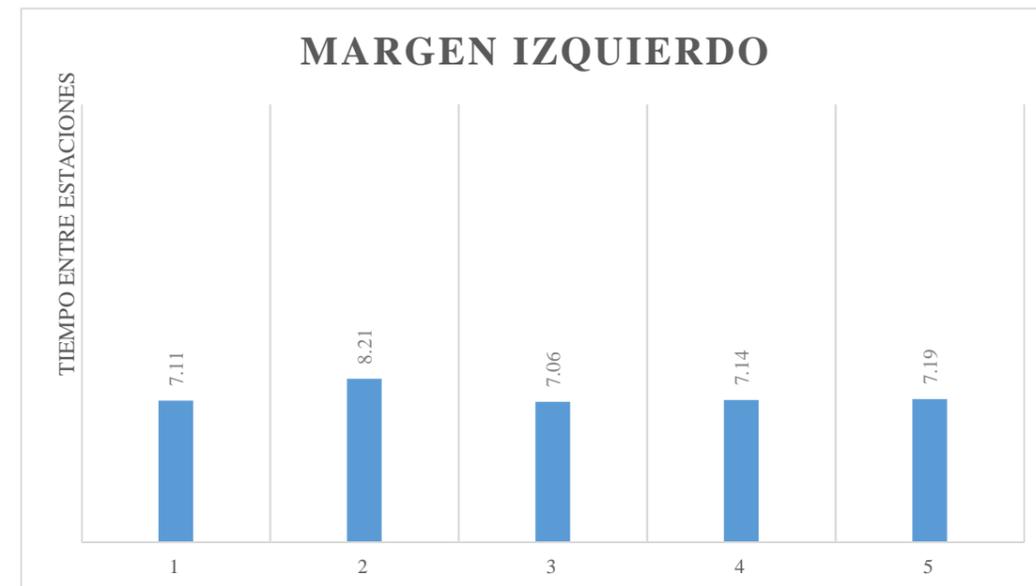


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Barabón	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	15/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2705.40
Hora inicio:	14:50	Cota aguas abajo (m):	2705.1
Hora fin:	15:40	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	35.18	7.11	25.86	6.60	22.45	6.37
2	41.89	8.21	27.48	6.63	26.38	7.42
3	37.95	7.06	27.83	6.72	20.98	7.69
4	35.41	7.14	28.62	6.87	21.75	7.62
5	36.06	7.19	24.47	7.98	19.85	7.39

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	7.34	0.49	1.00	6.85	7.83	1
Central	6.96	0.58	1.00	6.38	7.54	1
Derecho	7.30	0.53	1.00	6.76	7.83	1



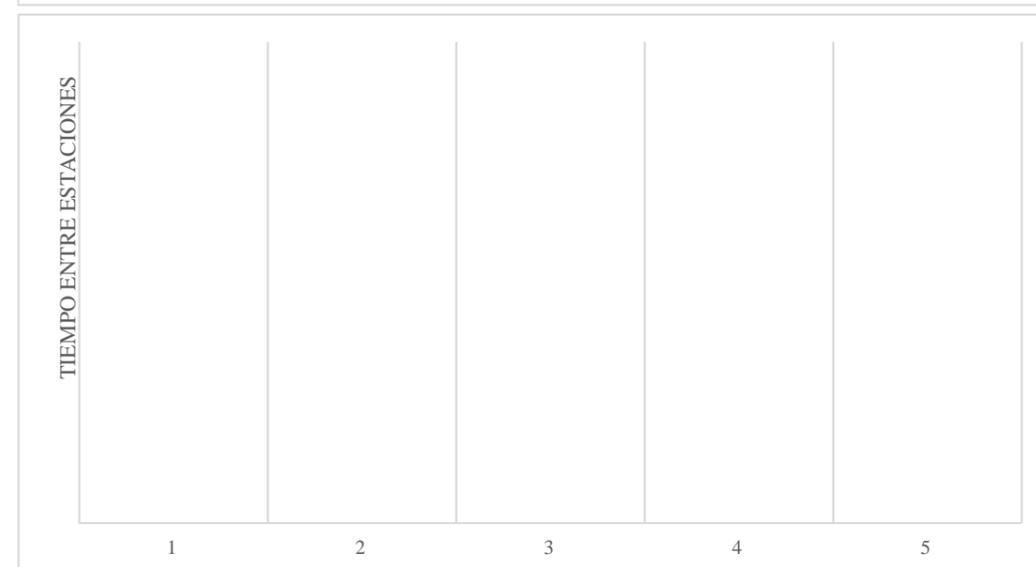
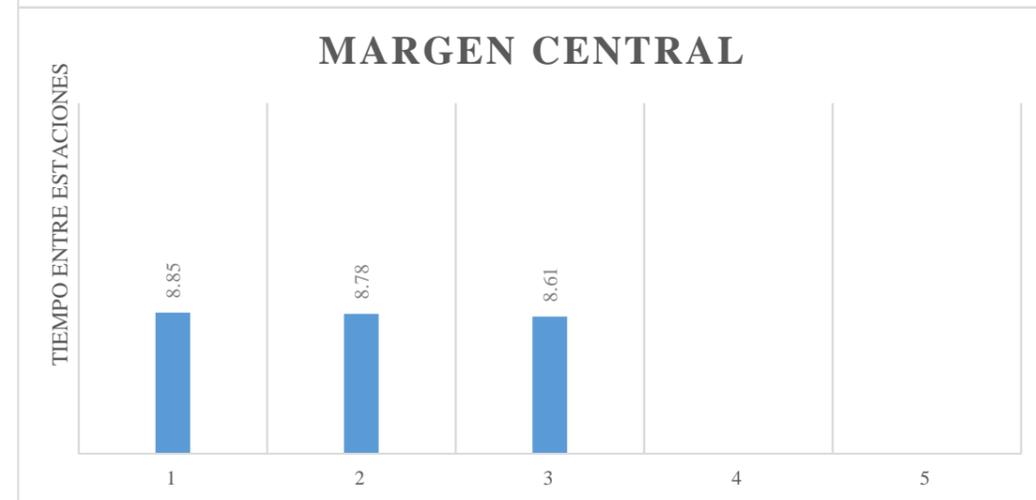
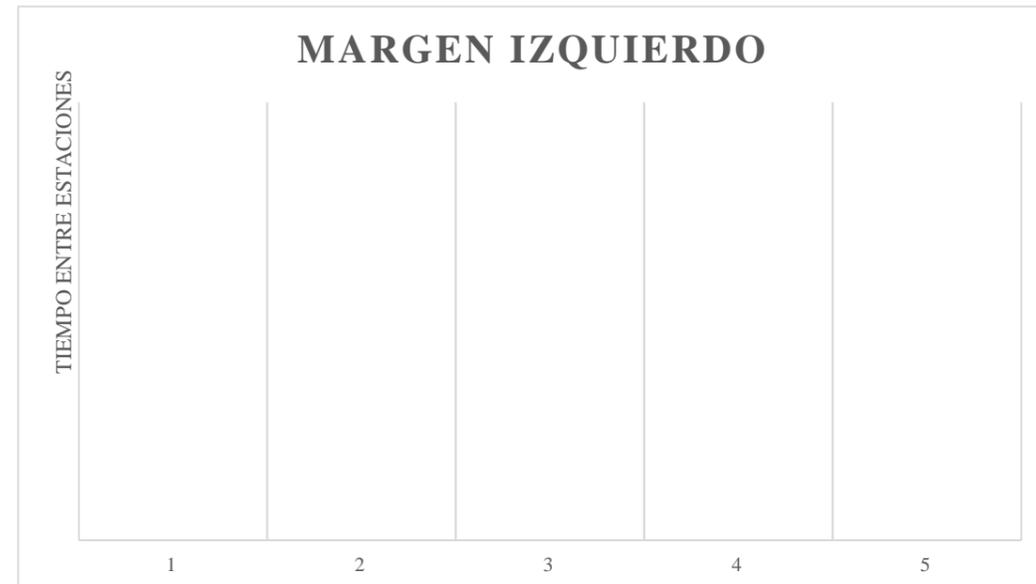
**SECTOR
MISICATA**

**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	28/04/2016	Cota aguas arriba (m):	2608.50
Hora inicio:	16:12	Cota aguas abajo (m):	2608.2
Hora fin:	17:05	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1				8.85		
2				8.78		
3				8.61		
4						
5						

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	-	-	1.00	-	-	0
Central	8.75	0.12	1.00	8.62	8.87	1
Derecho	-	-	1.00	-	-	0

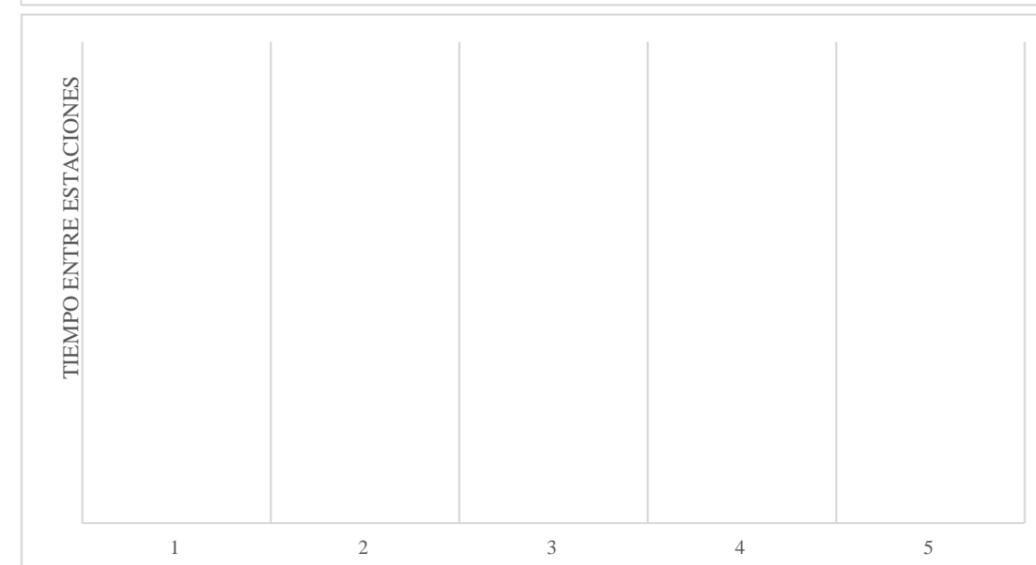
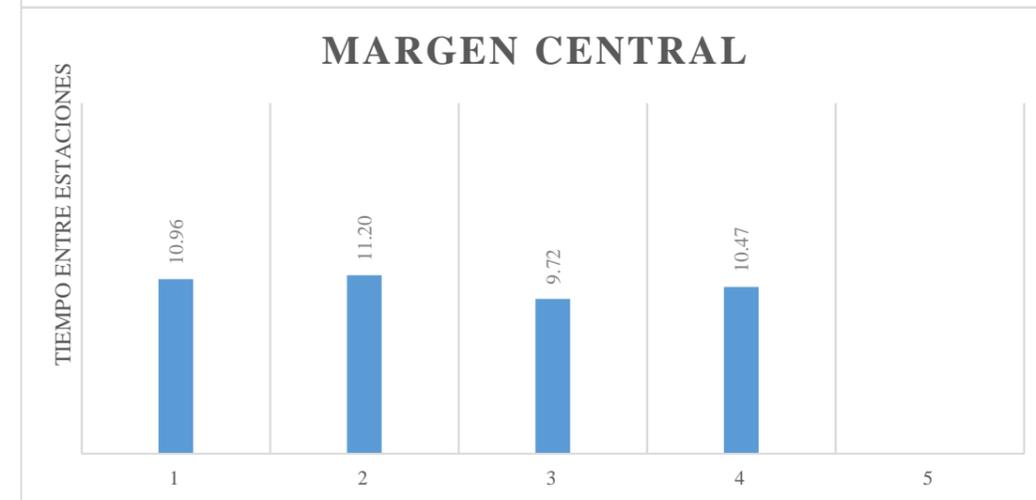
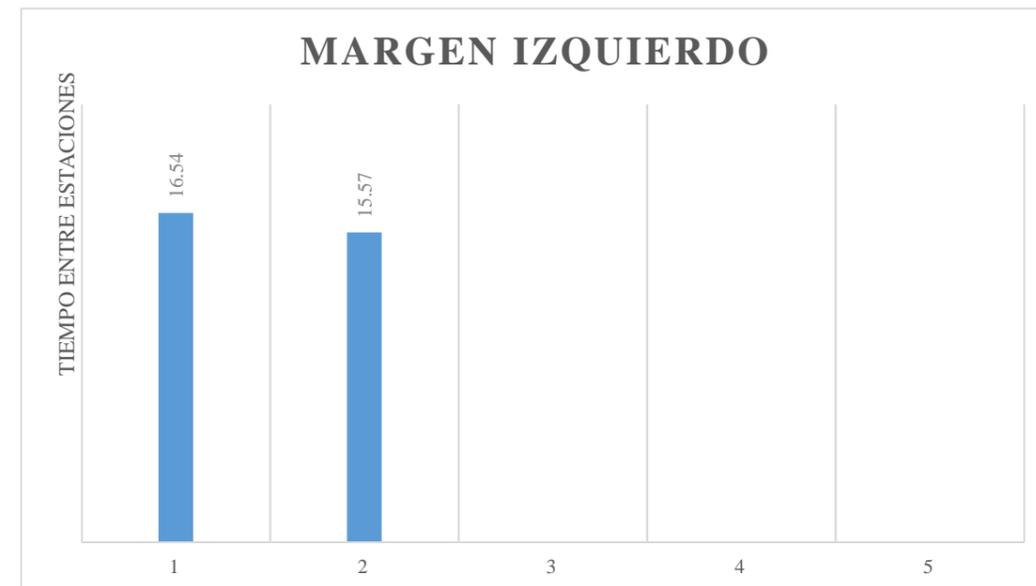


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	14/06/2016	Cota aguas arriba (m):	2608.50
Hora inicio:	9:45	Cota aguas abajo (m):	2608.2
Hora fin:	10:40	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1		16.54		10.96		
2		15.57		11.20		
3				9.72		
4				10.47		
5						

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	16.06	0.69	1.00	15.37	16.74	0
Central	10.59	0.65	1.00	9.93	11.24	1
Derecho	-	-	1.00	-	-	0

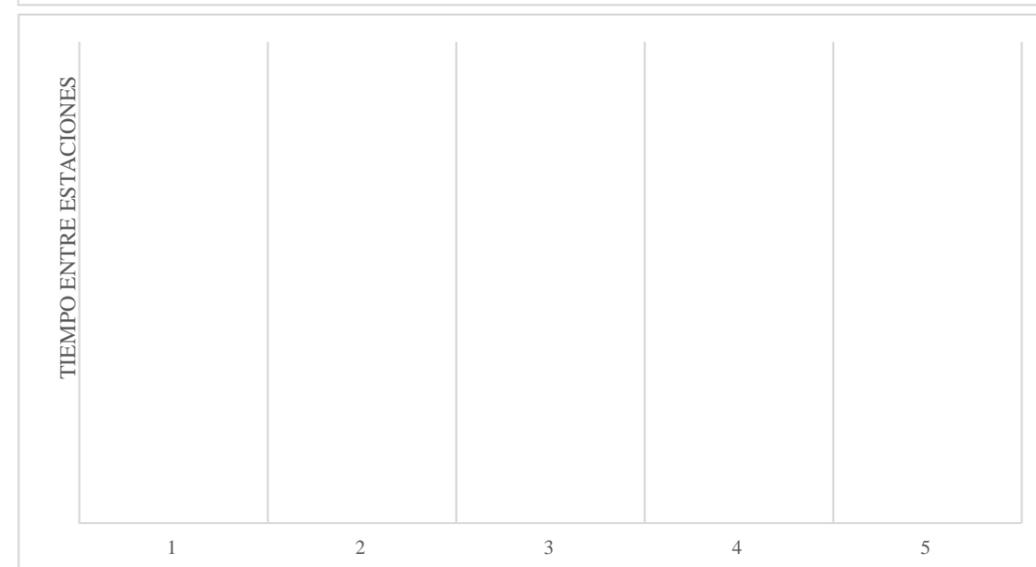
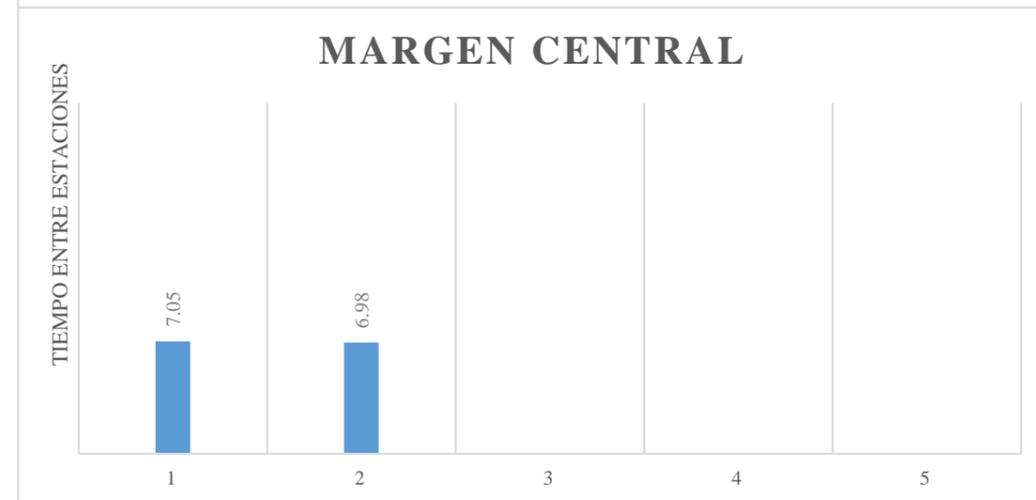
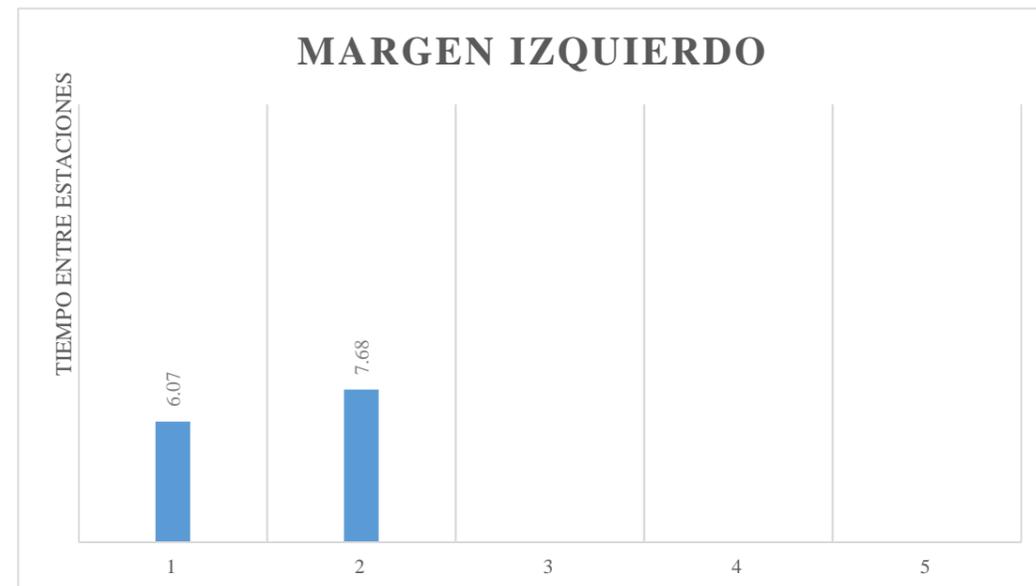


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	20/06/2016	Cota aguas arriba (m):	2609.05
Hora inicio:	16:50	Cota aguas abajo (m):	2608.9
Hora fin:	17:40	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1		6.07		7.05		
2		7.68		6.98		
3						
4						
5						

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	6.88	1.14	1.00	5.74	8.01	0
Central	7.02	0.05	1.00	6.97	7.06	0
Derecho	-	-	1.00	-	-	0

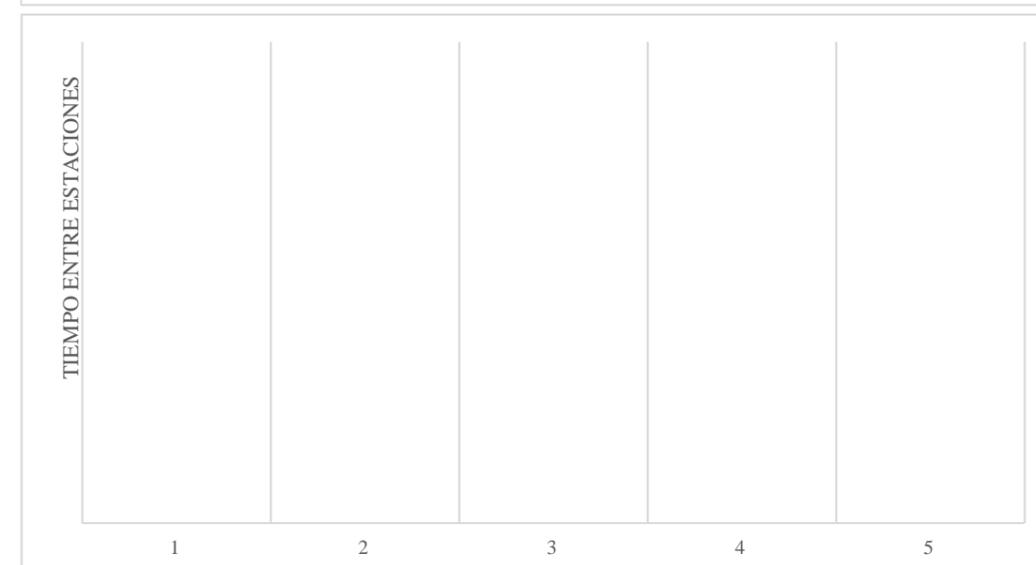
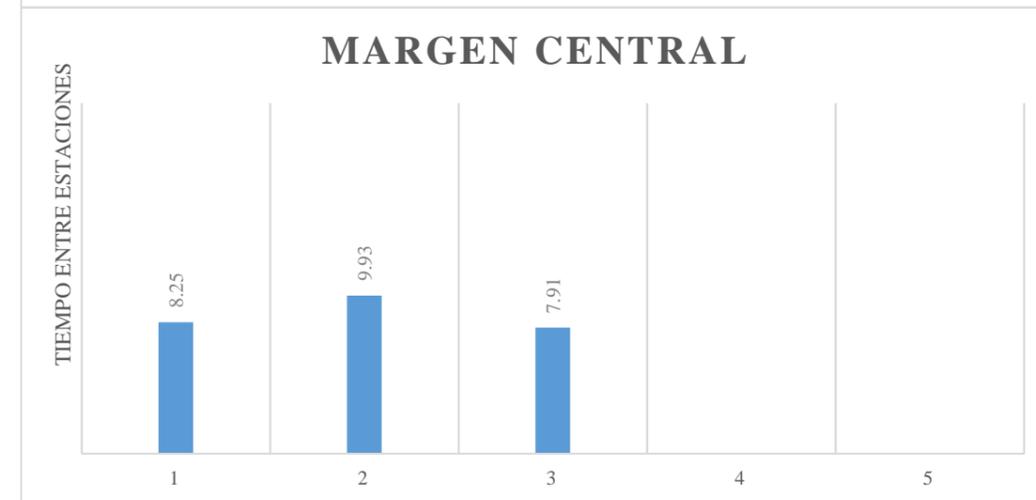
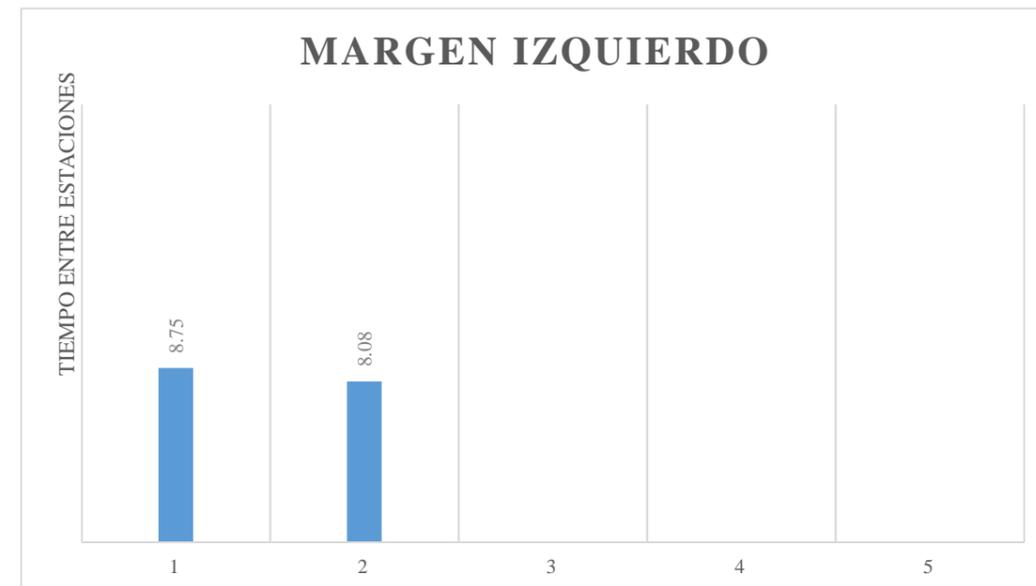


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	21/06/2016	Cota aguas arriba (m):	2608.70
Hora inicio:	8:40	Cota aguas abajo (m):	2608.35
Hora fin:	9:30	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1		8.75		8.25		
2		8.08		9.93		
3				7.91		
4						
5						

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	8.42	0.47	1.00	7.94	8.89	0
Central	8.70	1.08	1.00	7.62	9.78	1
Derecho	-	-	1.00	-	-	0

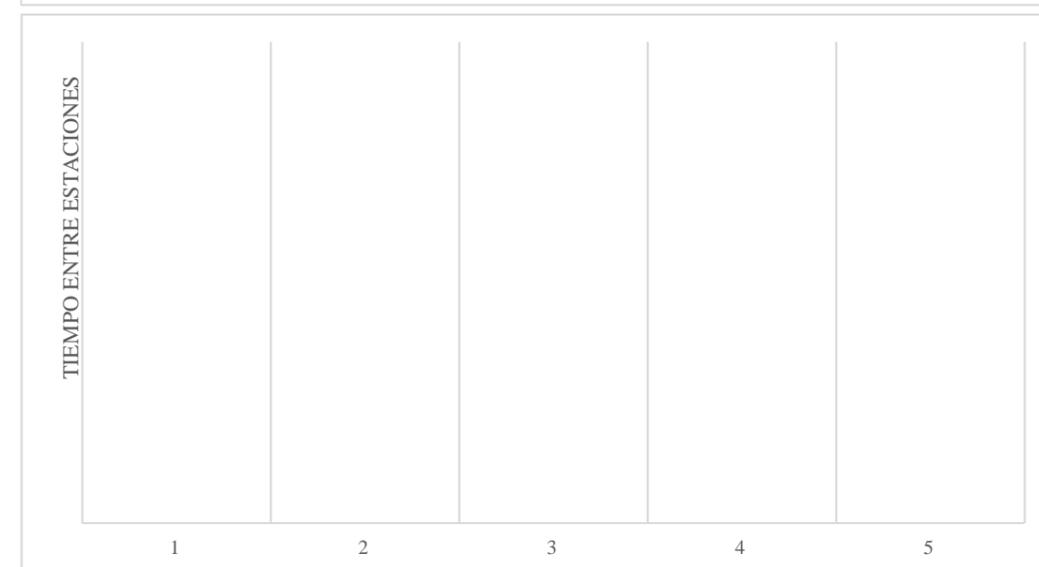
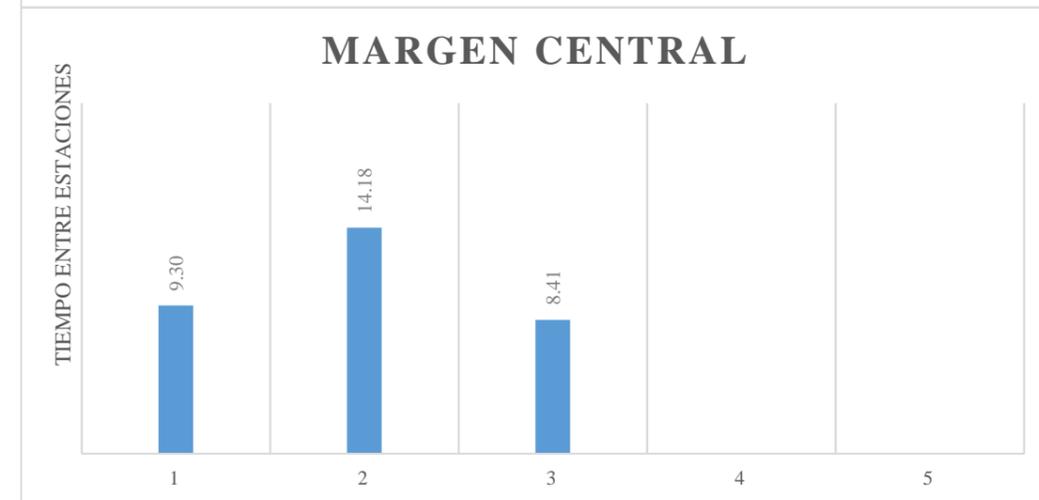
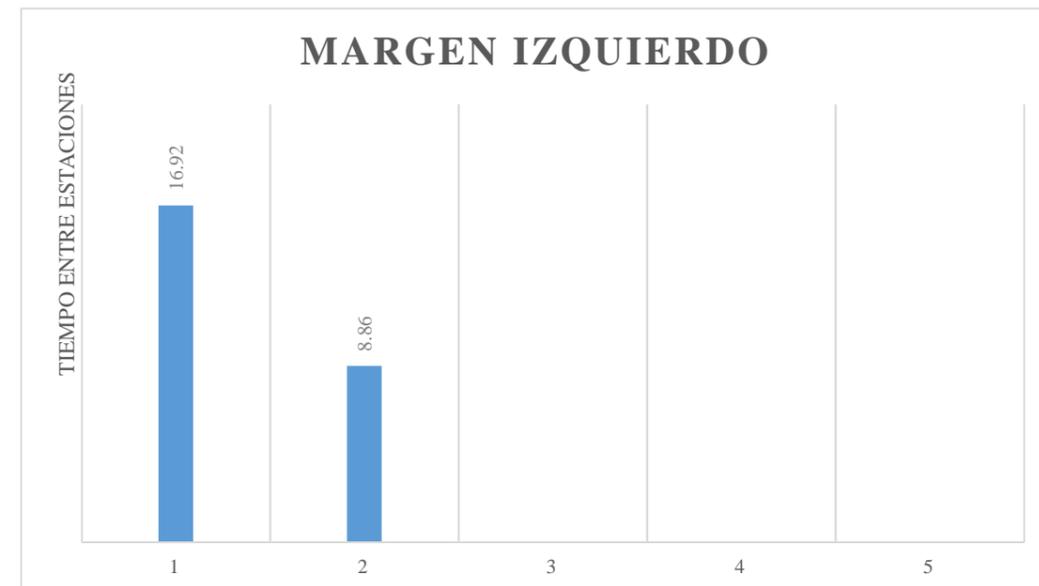


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	23/06/2016	Cota aguas arriba (m):	2608.60
Hora inicio:	11:05	Cota aguas abajo (m):	2608.3
Hora fin:	10:55	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1		16.92		9.30		
2		8.86		14.18		
3				8.41		
4						
5						

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	12.89	5.70	1.00	7.19	18.59	0
Central	10.63	3.11	1.00	7.52	13.74	1
Derecho	-	-	1.00	-	-	0

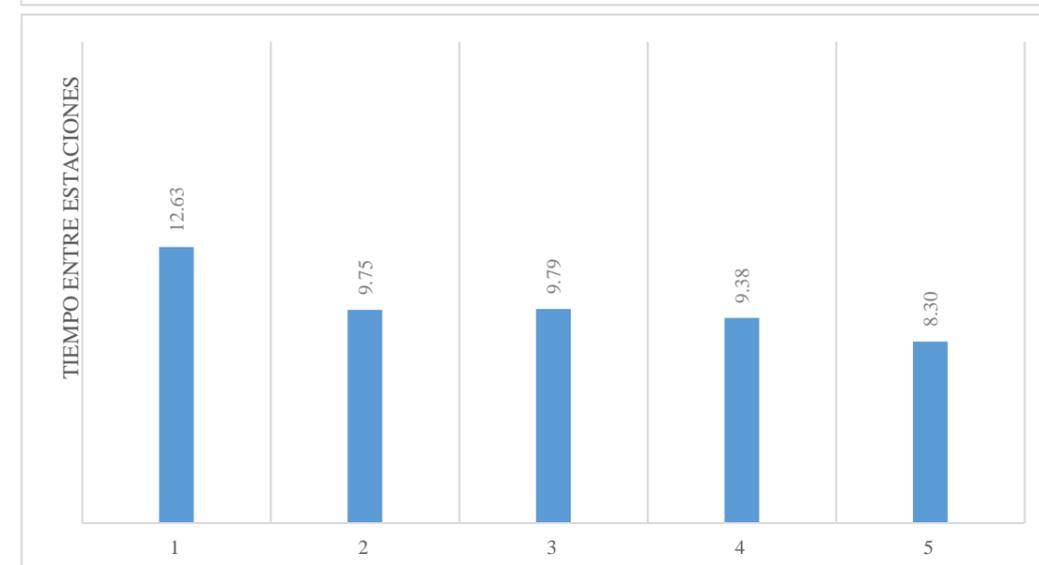
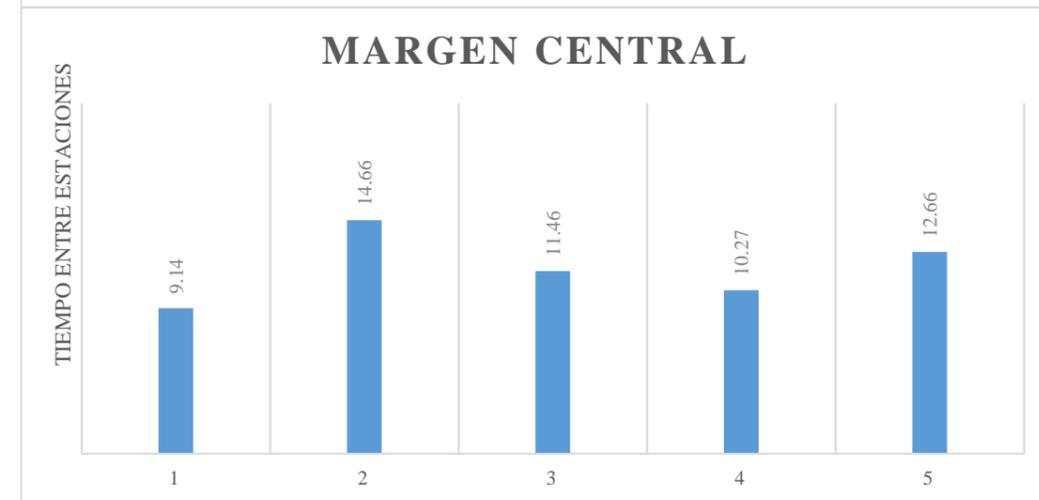
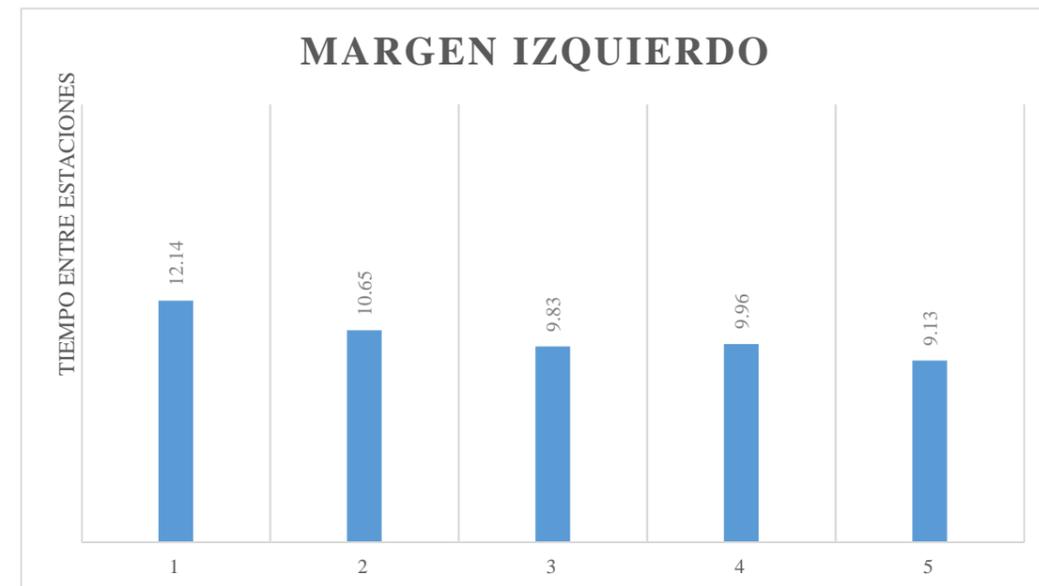


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	15/01/2017	Cota aguas arriba (m):	2608.60
Hora inicio:	11:45	Cota aguas abajo (m):	2608.3
Hora fin:	12:40	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1		12.14		9.14		12.63
2		10.65		14.66		9.75
3		9.83		11.46		9.79
4		9.96		10.27		9.38
5		9.13		12.66		8.30

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	10.34	1.14	1.00	9.20	11.48	2
Central	11.64	2.14	1.00	9.50	13.78	2
Derecho	9.97	1.60	1.00	8.37	11.57	2

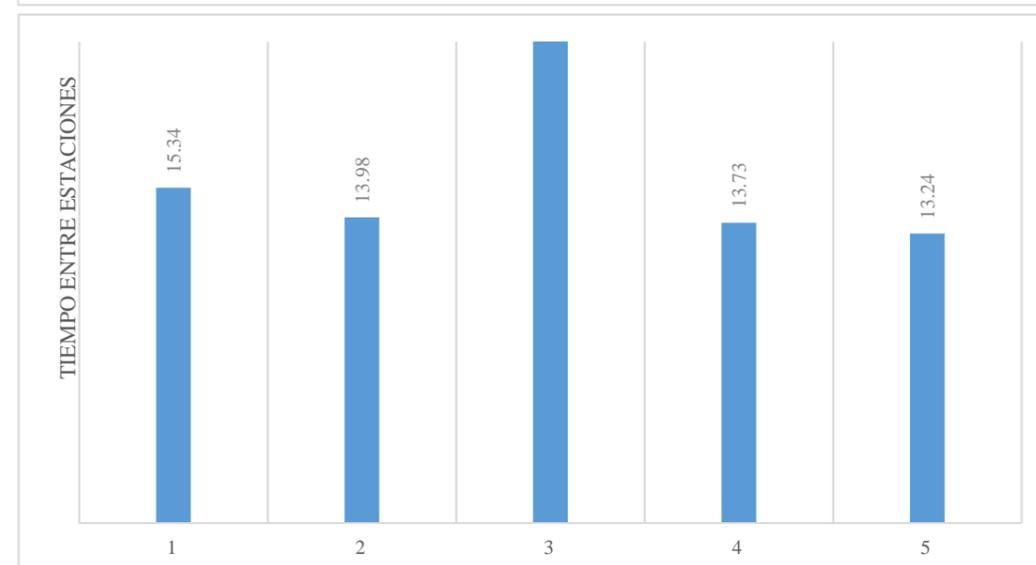
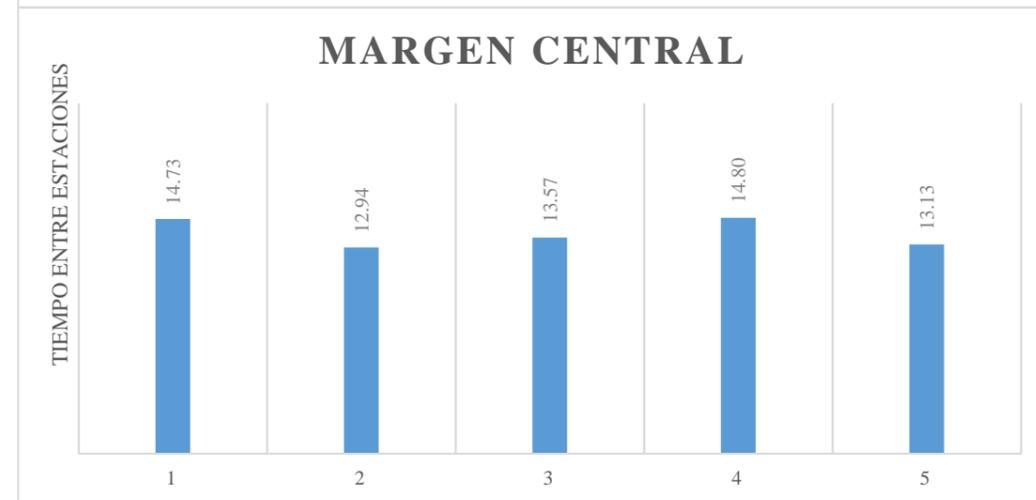
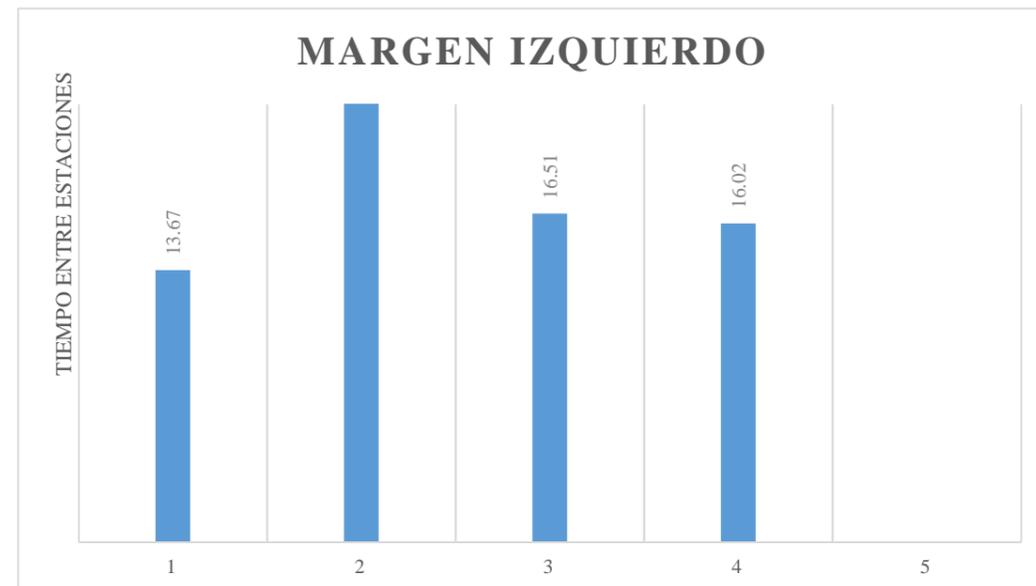


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	03/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2608.25
Hora inicio:	11:55	Cota aguas abajo (m):	2608
Hora fin:	12:50	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	30.26	13.67	27.70	14.73	25.43	15.34
2	47.22	23.48	28.34	12.94	25.70	13.98
3	32.78	16.51	19.69	13.57	29.36	30.47
4	26.59	16.02	20.53	14.80	25.12	13.73
5			26.40	13.13	26.75	13.24

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	17.42	4.23	1.00	13.19	21.65	1
Central	13.83	0.88	1.00	12.95	14.71	3
Derecho	17.35	7.37	1.00	9.98	24.73	1

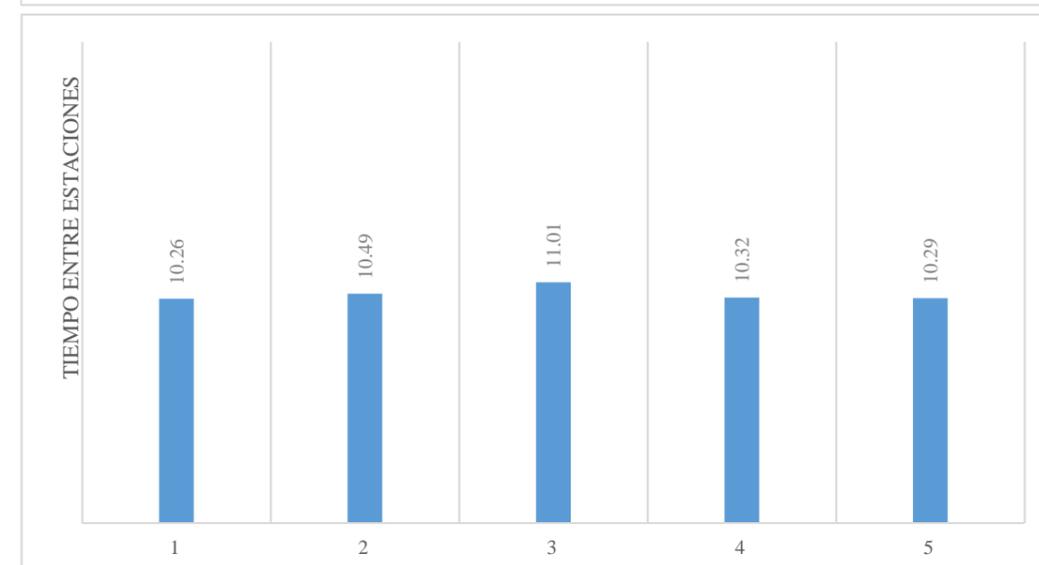
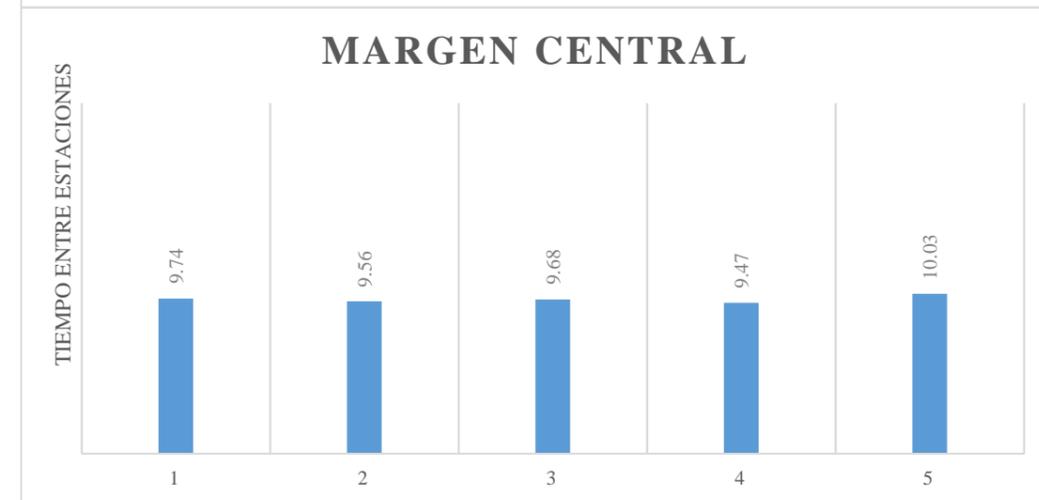
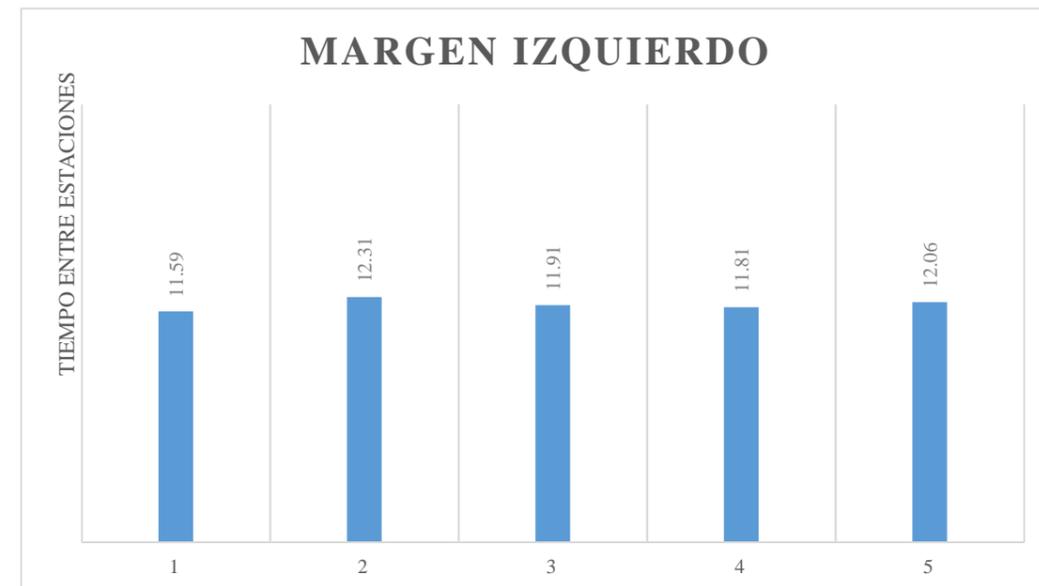


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	11/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2608.55
Hora inicio:	12:00	Cota aguas abajo (m):	2608.25
Hora fin:	12:50	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	29.64	11.59	21.03	9.74	23.68	10.26
2	27.98	12.31	22.38	9.56	21.22	10.49
3	26.46	11.91	22.96	9.68	25.72	11.01
4	29.33	11.81	23.47	9.47	26.18	10.32
5	28.51	12.06	26.72	10.03	20.84	10.29

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	11.94	0.27	1.00	11.67	12.21	2
Central	9.70	0.21	1.00	9.48	9.91	2
Derecho	10.47	0.31	1.00	10.16	10.79	1

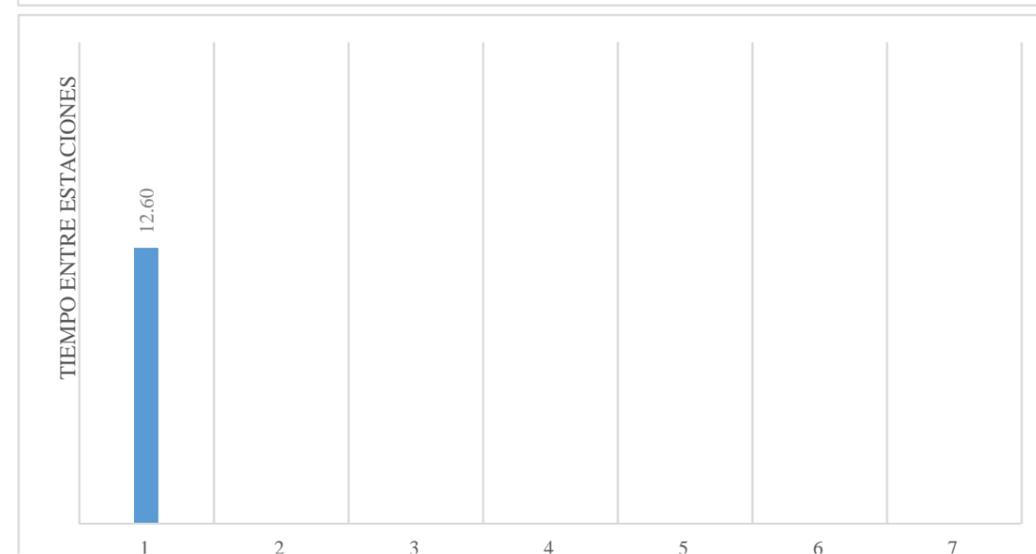
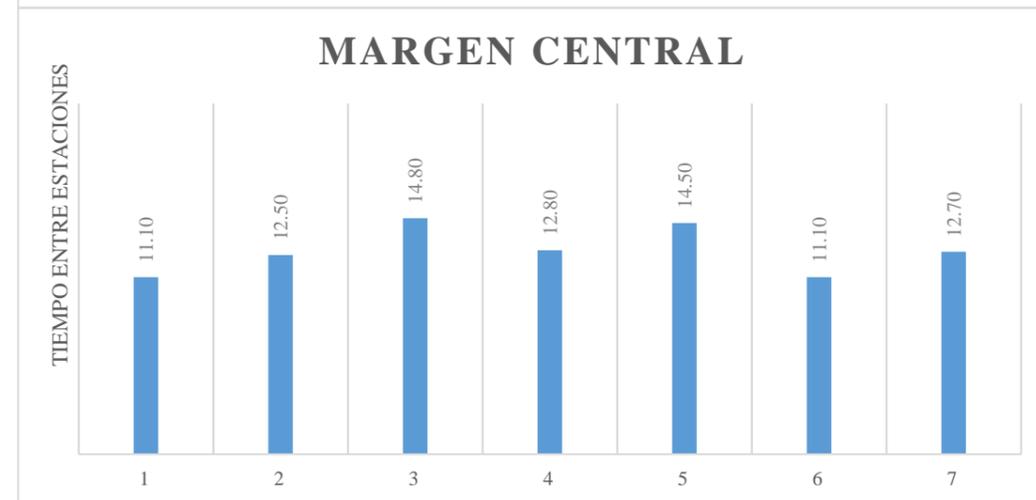
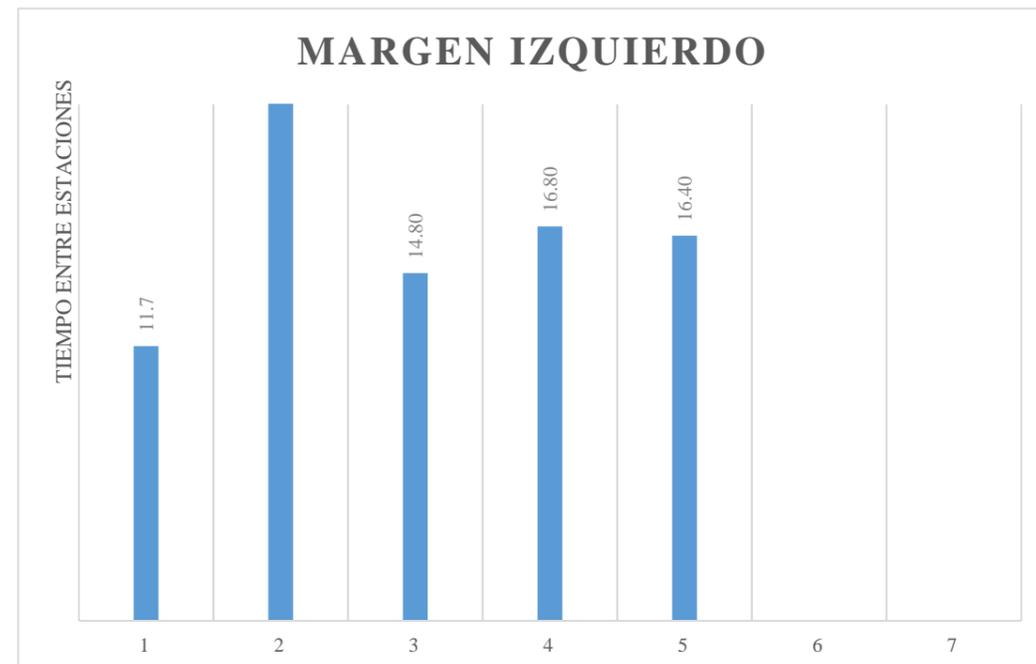


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.10
Fecha:	12/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2608.24
Hora inicio:	12:55	Cota aguas abajo (m):	2607.97
Hora fin:	13:40	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	29.00	11.7	30.30	11.10	35.90	12.60
2	37.60	28.9	25.70	12.50		
3	33.70	14.80	28.30	14.80		
4	32.40	16.80	30.10	12.80		
5	35.70	16.40	31.30	14.50		
6			31.00	11.10		
7			30.80	12.70		

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	17.72	6.56	1.00	11.16	24.28	1
Central	12.79	1.46	1.00	11.33	14.24	4
Derecho	12.60	-	1.00	-	-	0



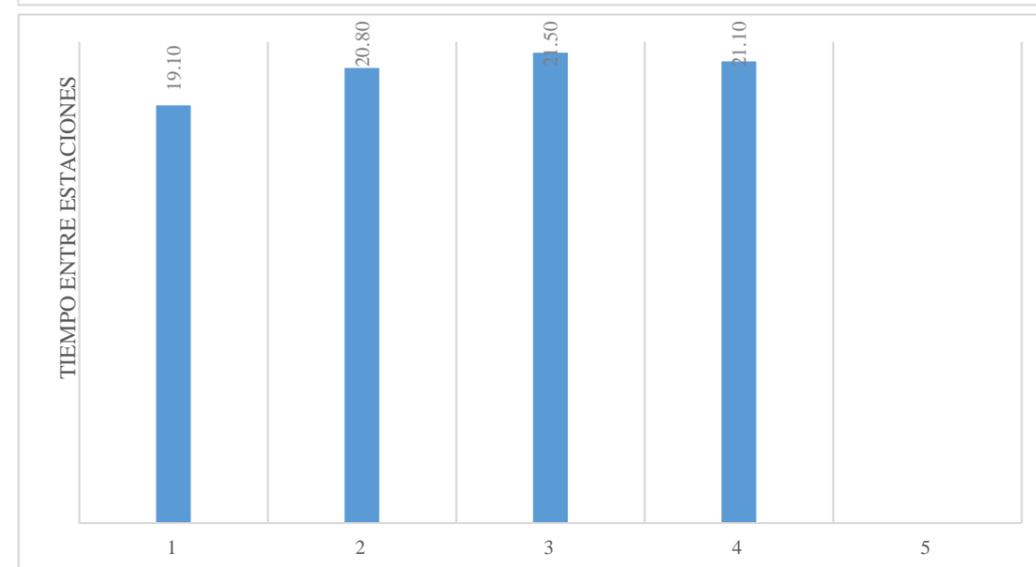
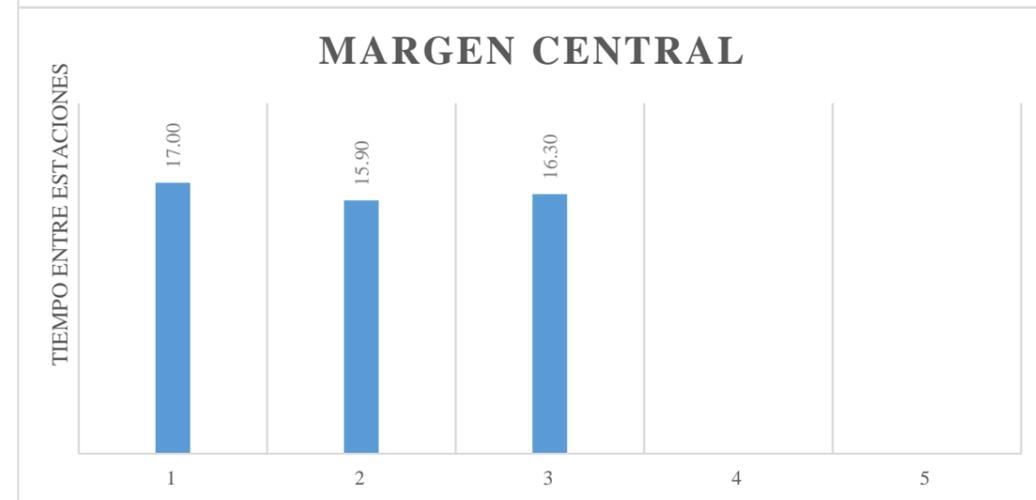
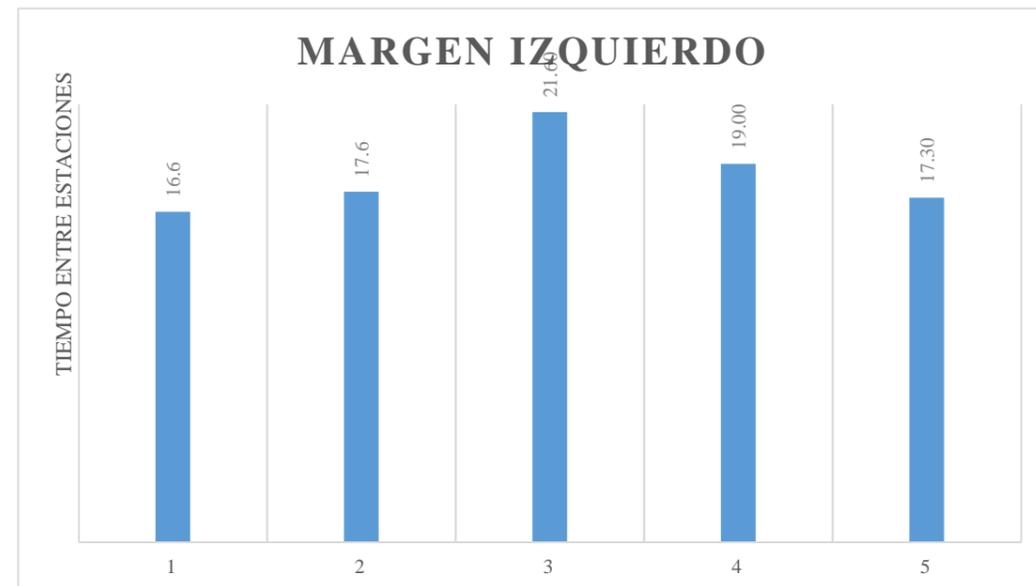
1 2 3 4 5 6 7

**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.10
Fecha:	13/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2608.10
Hora inicio:	12:05	Cota aguas abajo (m):	2607.8
Hora fin:	13:10	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	14.90	16.6	17.40	17.00	22.50	19.10
2	13.50	17.6	16.80	15.90	59.70	20.80
3	17.60	21.60	20.10	16.30	27.00	21.50
4	14.40	19.00			23.40	21.10
5	14.10	17.30				

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	18.42	1.98	1.00	16.44	20.40	1
Central	16.40	0.56	1.00	15.84	16.96	1
Derecho	20.63	1.06	1.00	19.57	21.68	1

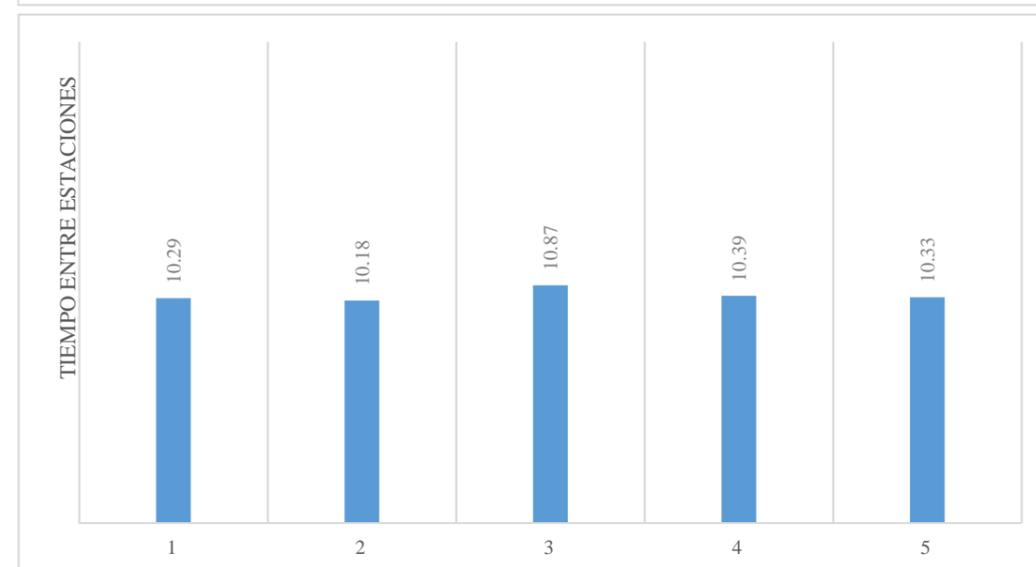
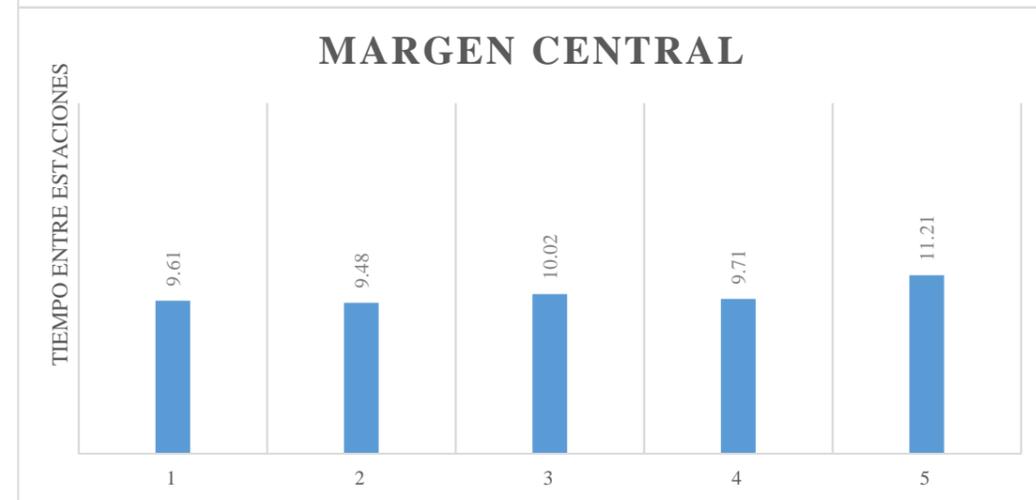
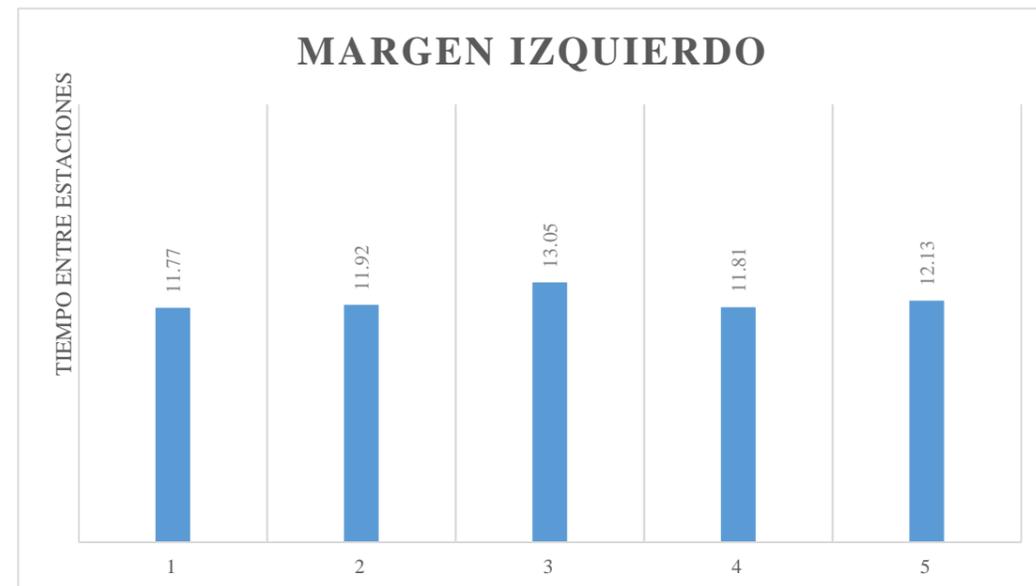


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Misicata	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	15/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2608.60
Hora inicio:	15:50	Cota aguas abajo (m):	2608.3
Hora fin:	16:40	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	29.51	11.77	23.58	9.61	24.91	10.29
2	28.48	11.92	21.32	9.48	25.55	10.18
3	26.38	13.05	21.73	10.02	23.33	10.87
4	29.77	11.81	21.26	9.71	26.84	10.39
5	27.69	12.13	26.50	11.21	23.81	10.33

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	12.14	0.53	1.00	11.61	12.67	1
Central	10.01	0.70	1.00	9.30	10.71	1
Derecho	10.41	0.27	1.00	10.14	10.68	1



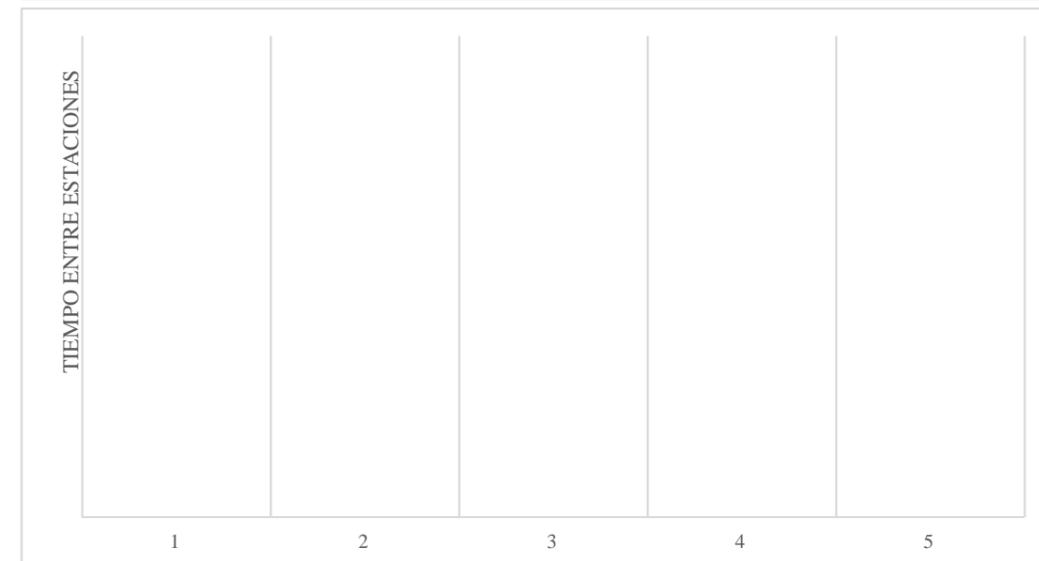
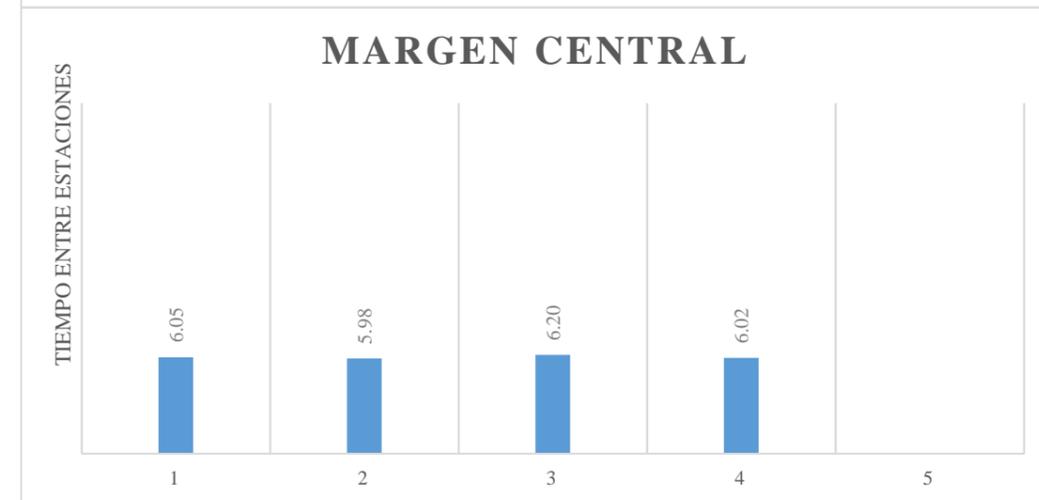
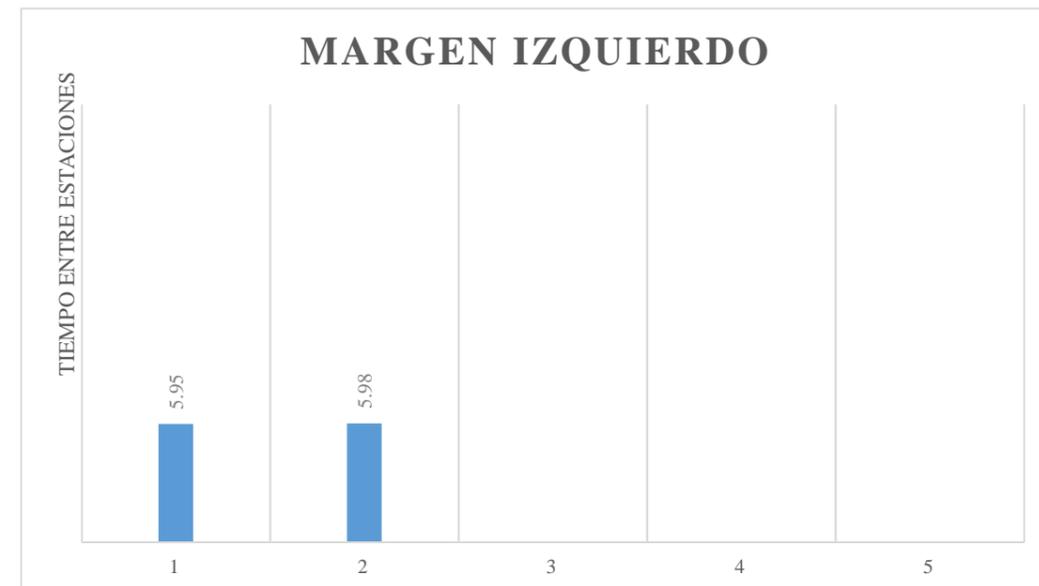
SECTOR
FELIPE SEGUNDO

**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Felipe II	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	20/06/2016	Cota aguas arriba (m):	2534.06
Hora inicio:	17:45	Cota aguas abajo (m):	2533.9
Hora fin:	18:30	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1		5.95		6.05		
2		5.98		5.98		
3				6.20		
4				6.02		
5						

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	5.97	0.02	1.00	5.94	5.99	0
Central	6.06	0.10	1.00	5.97	6.16	1
Derecho	-	-	1.00	-	-	0

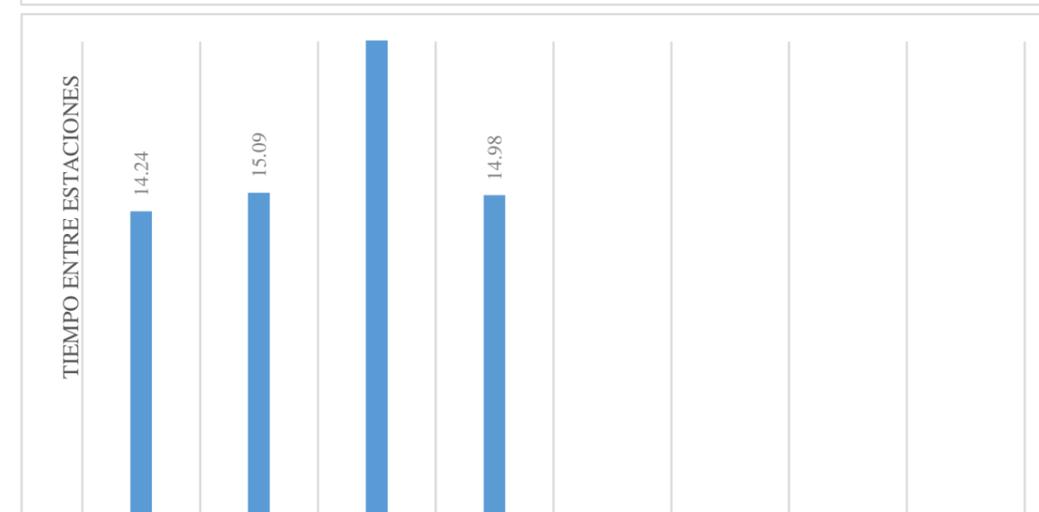
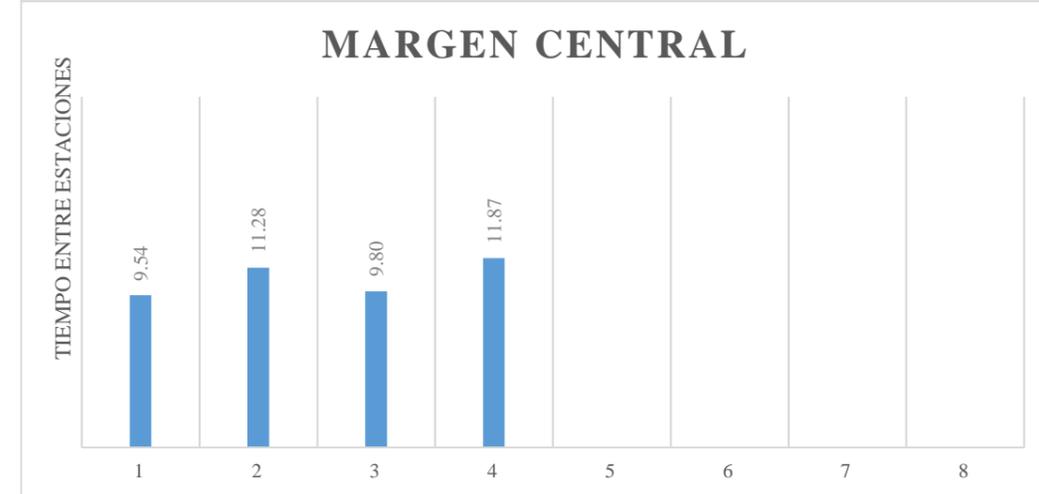
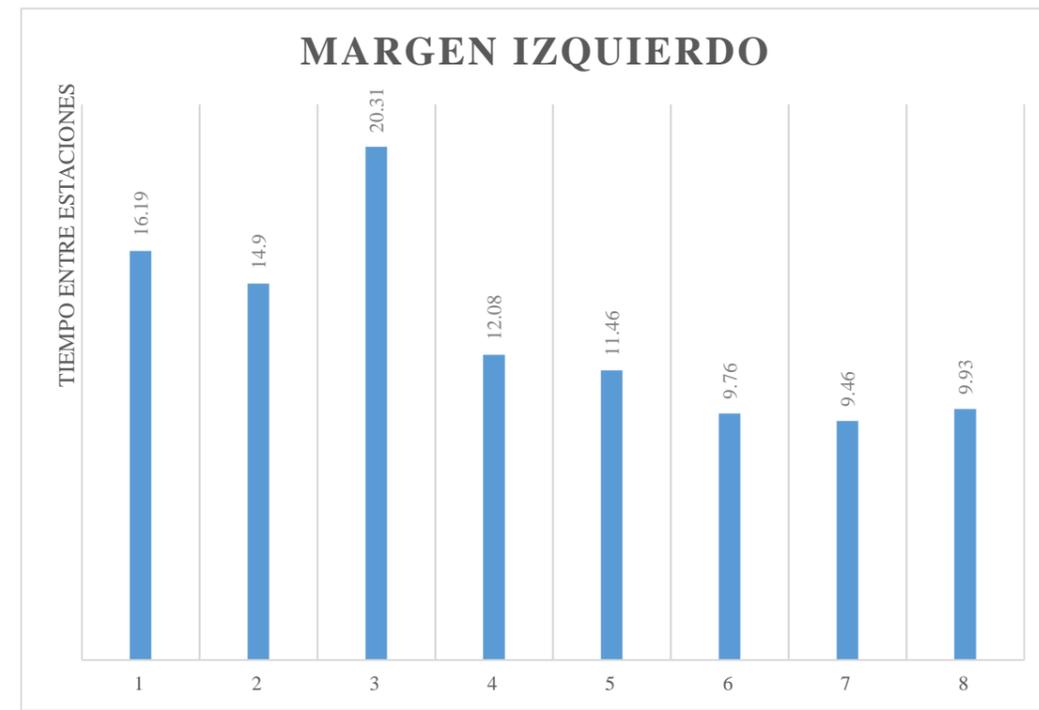


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Felipe II	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	12/01/2017	Cota aguas arriba (m):	2533.00
Hora inicio:	8:19	Cota aguas abajo (m):	2532.79
Hora fin:	9:30	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	69.10	16.19	52.47	9.54	49.37	14.24
2	68.30	14.9	89.30	11.28	52.94	15.09
3	62.80	20.31	51.88	9.80	56.09	23.25
4	99.40	12.08	49.02	11.87	61.20	14.98
5	58.60	11.46				
6	51.38	9.76				
7	53.04	9.46				
8	51.03	9.93				

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	13.01	3.83	1.00	9.18	16.85	1
Central	10.62	1.13	1.00	9.49	11.75	1
Derecho	16.89	4.26	1.00	12.63	21.15	1



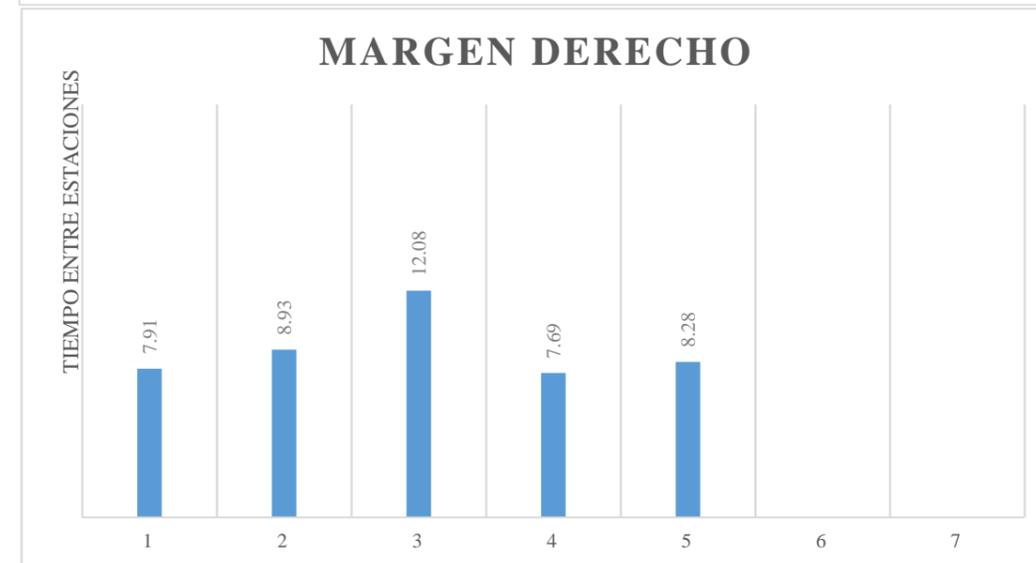
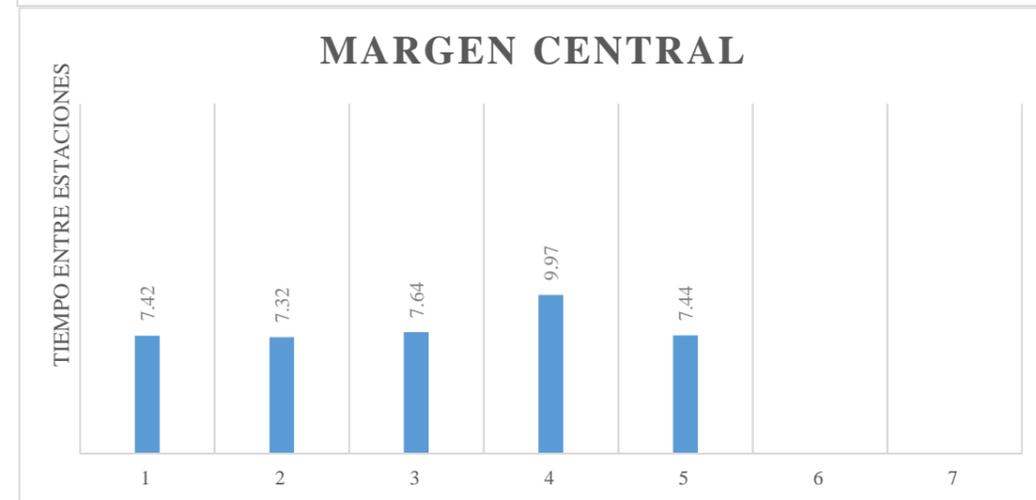
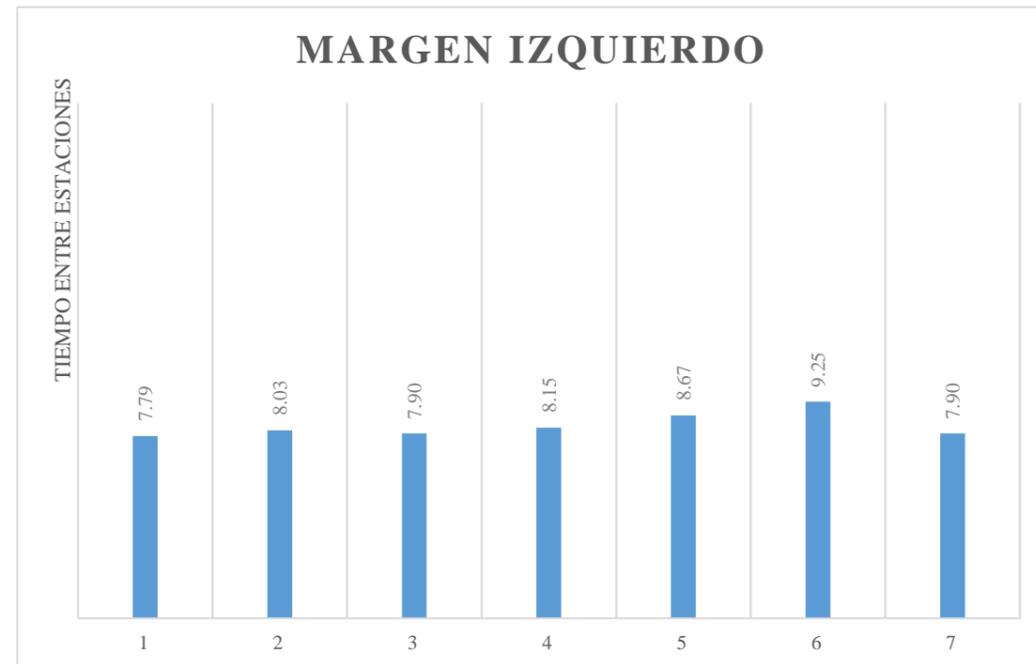


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Felipe II	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	15/01/2017	Cota aguas arriba (m):	2533.43
Hora inicio:	12:30	Cota aguas abajo (m):	2533.25
Hora fin:	13:40	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	37.80	7.79	33.94	7.42	35.90	7.91
2	40.27	8.03	33.84	7.32	36.55	8.93
3	37.80	7.90	28.89	7.64	57.08	12.08
4	47.11	8.15	39.29	9.97	38.05	7.69
5	45.11	8.67	36.09	7.44	41.32	8.28
6	41.25	9.25				
7	45.06	7.90				

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	8.24	0.53	1.00	7.71	8.77	1
Central	7.96	1.13	1.00	6.83	9.09	1
Derecho	8.98	1.80	1.00	7.18	10.77	1

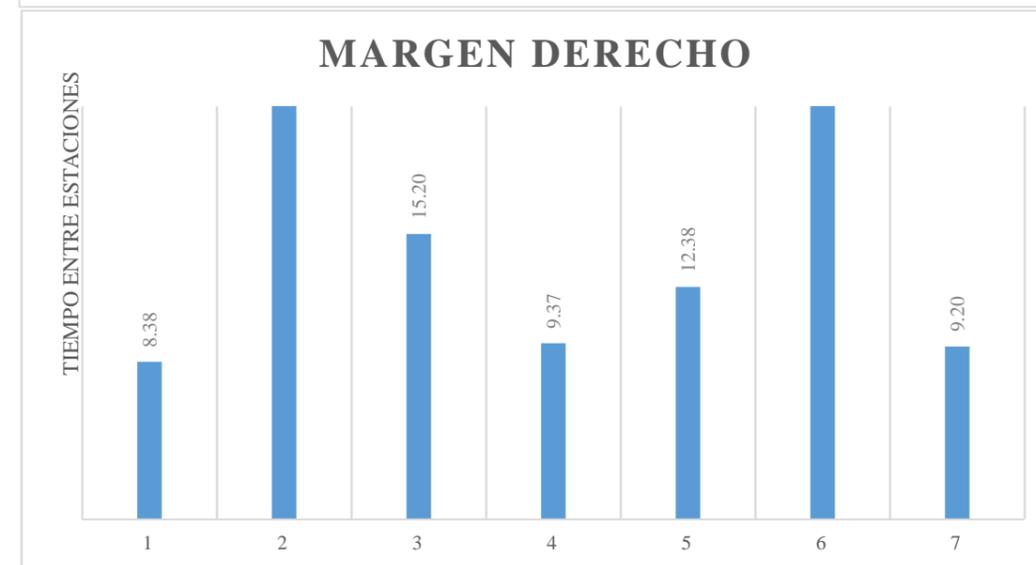
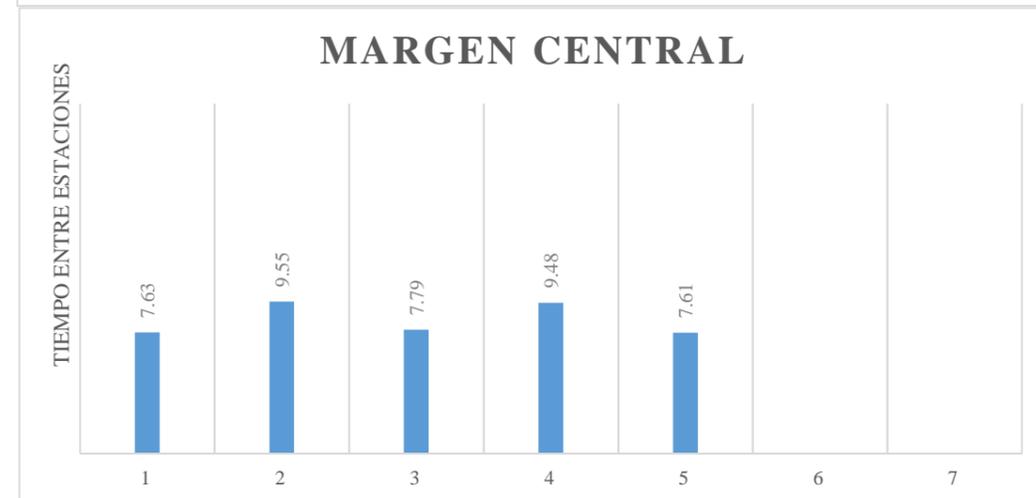
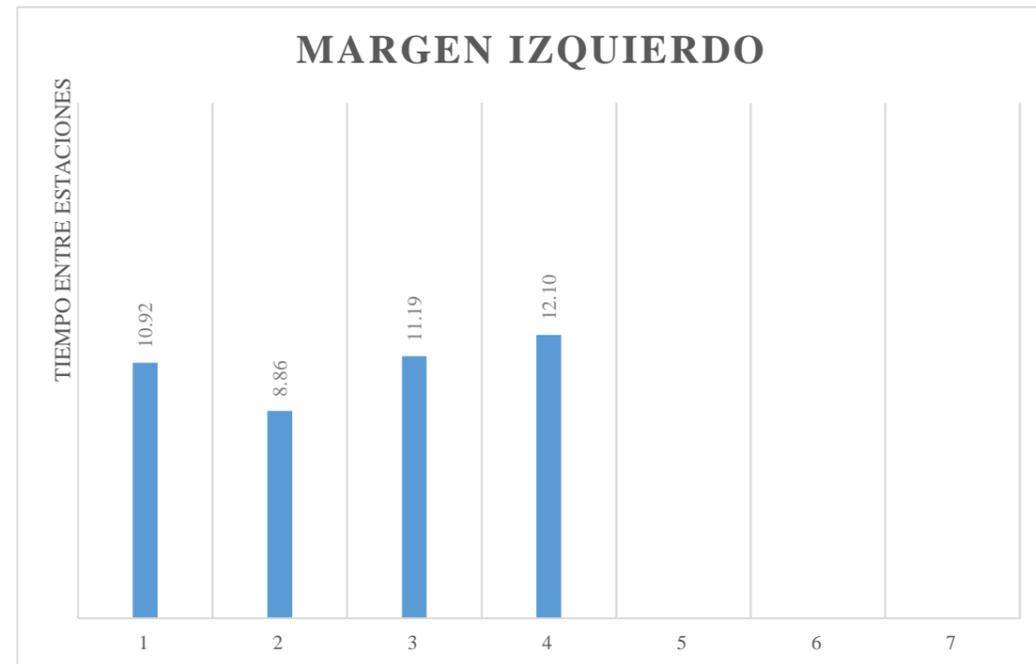


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Felipe II	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	03/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2533.02
Hora inicio:	13:00	Cota aguas abajo (m):	2532.96
Hora fin:	14:00	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	37.78	10.92	33.60	7.63	33.09	8.38
2	35.97	8.86	39.44	9.55	34.12	25.49
3	35.21	11.19	33.11	7.79	39.86	15.20
4	36.02	12.10	32.10	9.48	39.87	9.37
5			44.18	7.61	42.35	12.38
6					44.35	22.94
7					29.24	9.20

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	10.77	1.37	1.00	9.40	12.14	1
Central	8.41	1.01	1.00	7.40	9.42	2
Derecho	14.71	6.93	1.00	7.77	21.64	2

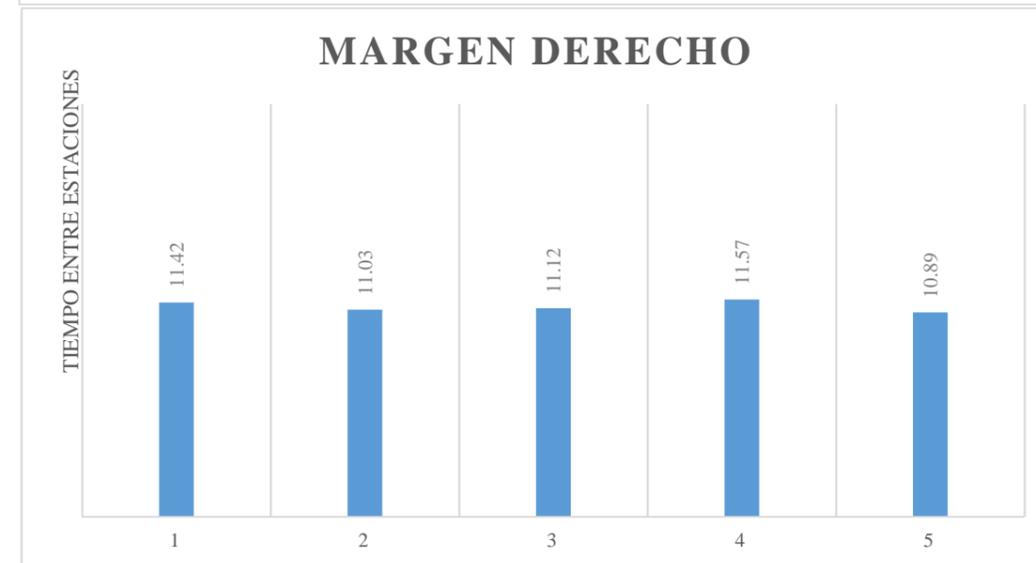
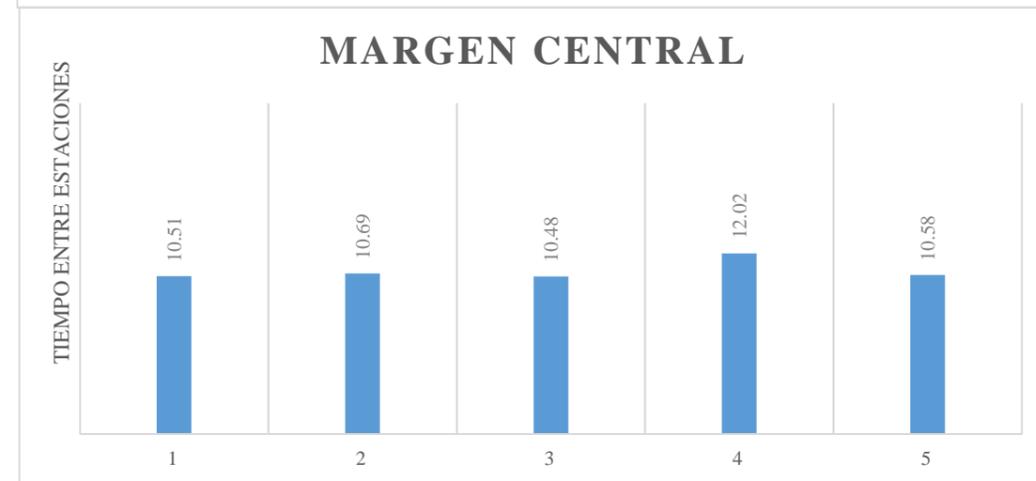
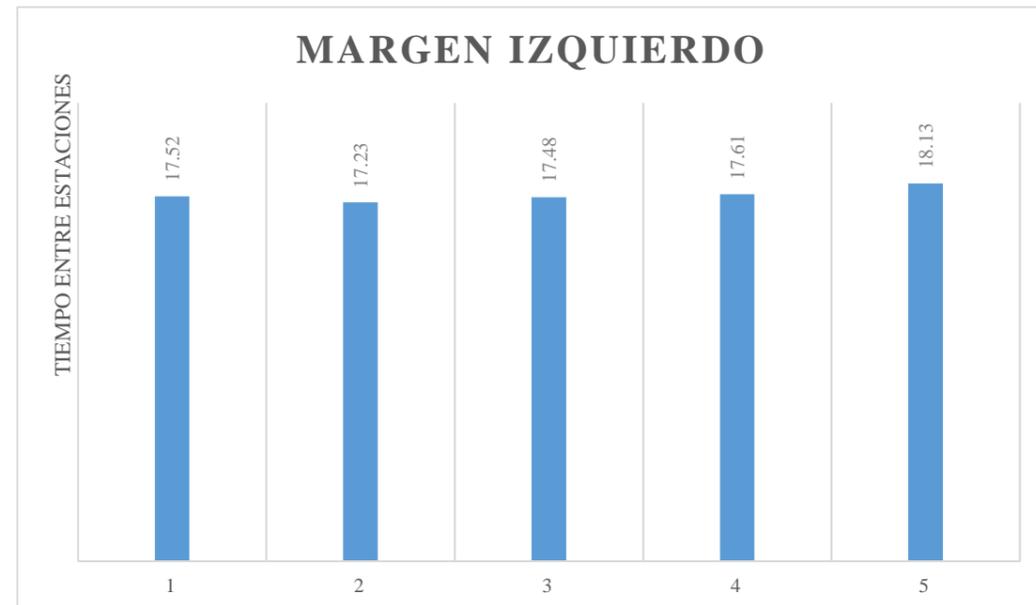


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Felipe II	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	11/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2534.05
Hora inicio:	13:05	Cota aguas abajo (m):	2533.9
Hora fin:	13:50	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	36.51	17.52	34.41	10.51	37.01	11.42
2	35.92	17.23	34.58	10.69	34.12	11.03
3	36.00	17.48	36.12	10.48	35.39	11.12
4	36.79	17.61	35.91	12.02	35.01	11.57
5	38.03	18.13	33.88	10.58	38.07	10.89

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	17.59	0.33	1.00	17.26	17.93	2
Central	10.86	0.66	1.00	10.20	11.51	1
Derecho	11.21	0.28	1.00	10.92	11.49	2

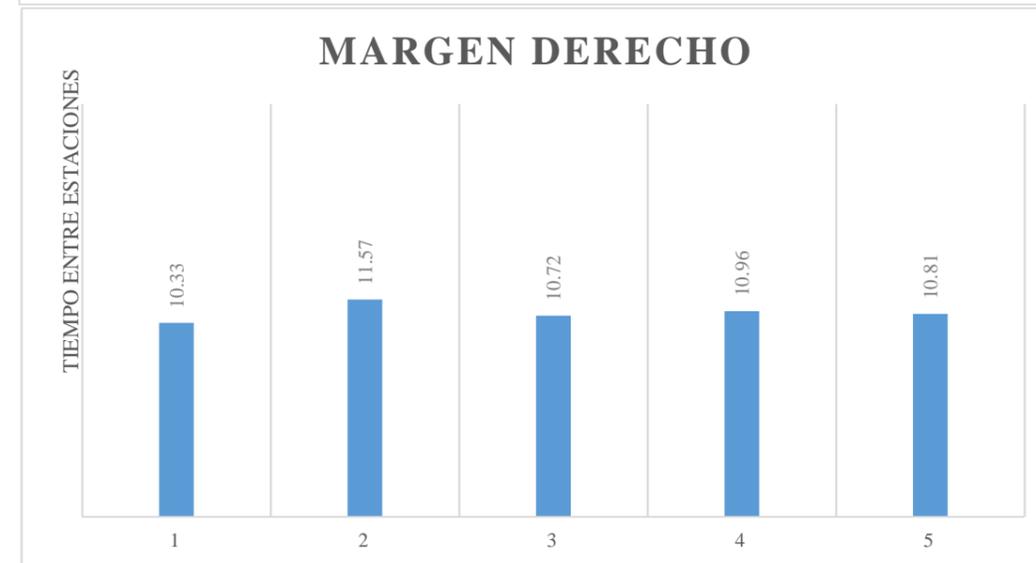
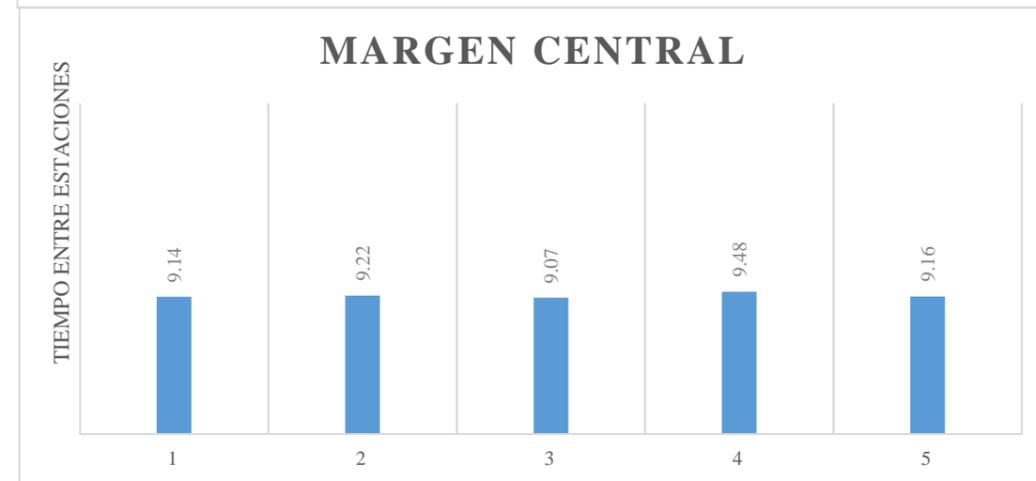
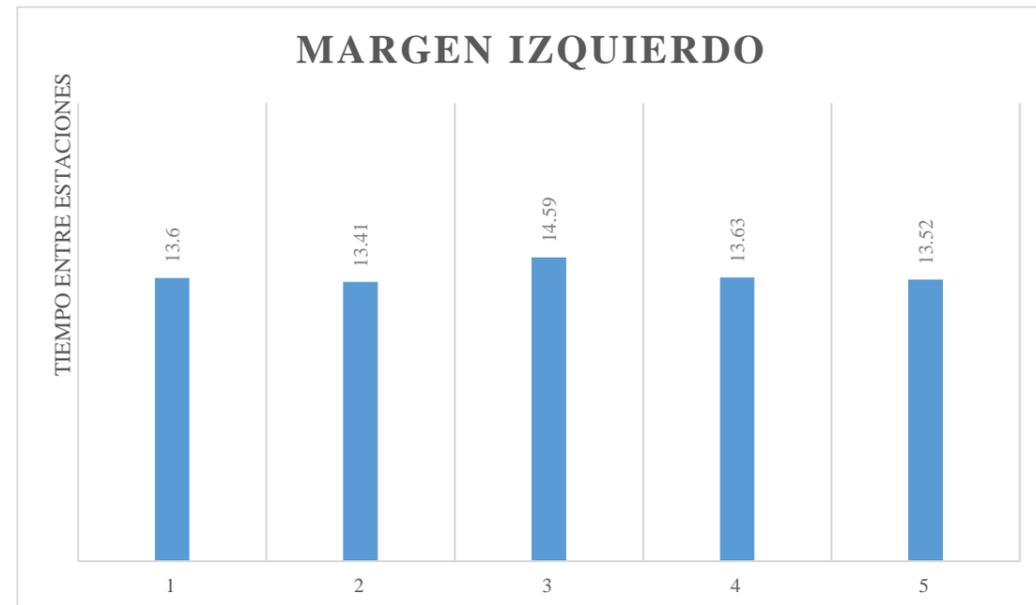


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Felipe II	Velocidad del viento (m/s)	0.00
Fecha:	12/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2533.10
Hora inicio:	14:00	Cota aguas abajo (m):	2533.05
Hora fin:	15:00	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	36.51	13.6	34.41	9.14	37.01	10.33
2	35.92	13.41	34.58	9.22	34.12	11.57
3	36.00	14.59	36.12	9.07	35.39	10.72
4	36.79	13.63	35.91	9.48	35.01	10.96
5	38.03	13.52	33.88	9.16	38.07	10.81

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	13.75	0.48	1.00	13.27	14.23	1
Central	9.21	0.16	1.00	9.06	9.37	1
Derecho	10.88	0.45	1.00	10.43	11.33	2

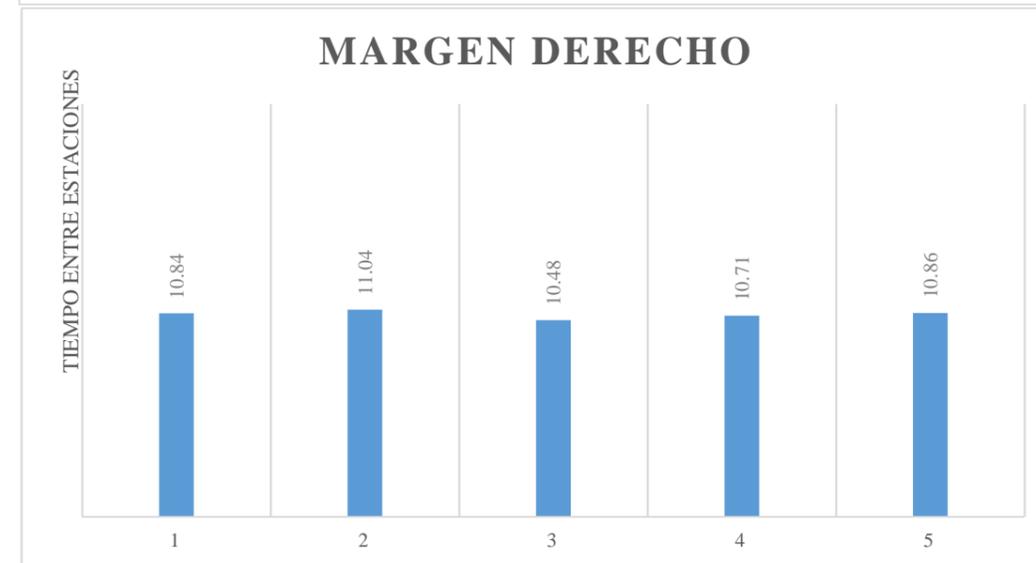
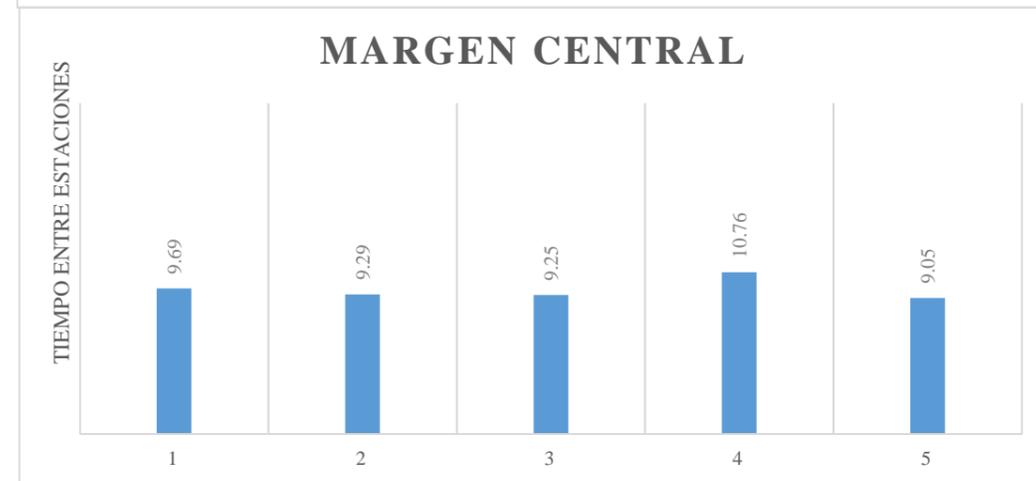
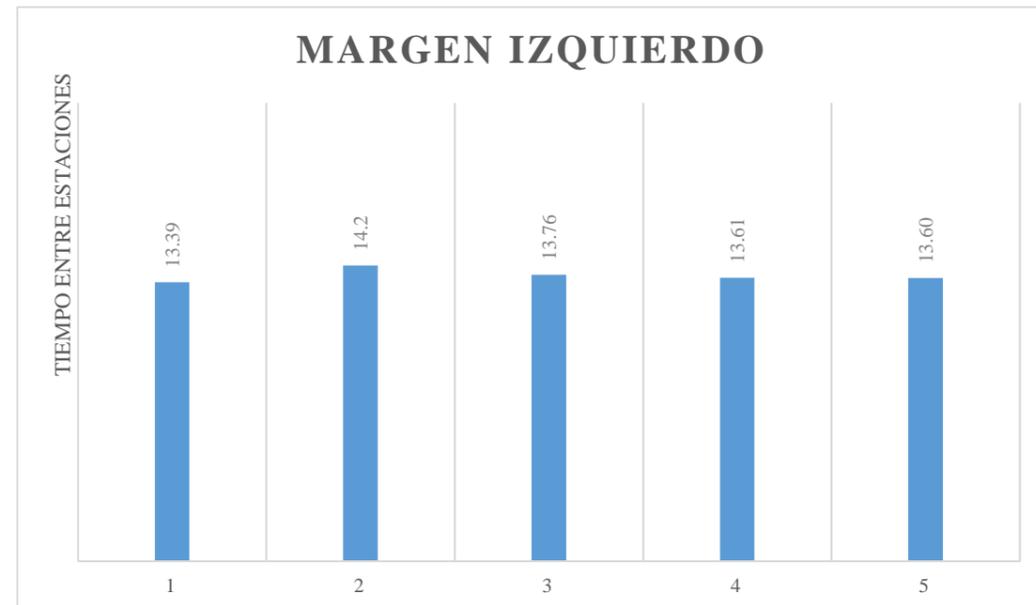


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Felipe II	Velocidad del viento (m/s)	0.10
Fecha:	13/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2532.95
Hora inicio:	13:30	Cota aguas abajo (m):	2532.9
Hora fin:	14:20	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	36.51	13.39	34.41	9.69	37.01	10.84
2	35.92	14.2	34.58	9.29	34.12	11.04
3	36.00	13.76	36.12	9.25	35.39	10.48
4	36.79	13.61	35.91	10.76	35.01	10.71
5	38.03	13.60	33.88	9.05	38.07	10.86

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	13.71	0.30	1.00	13.41	14.01	2
Central	9.61	0.68	1.00	8.92	10.29	1
Derecho	10.79	0.21	1.00	10.58	10.99	2

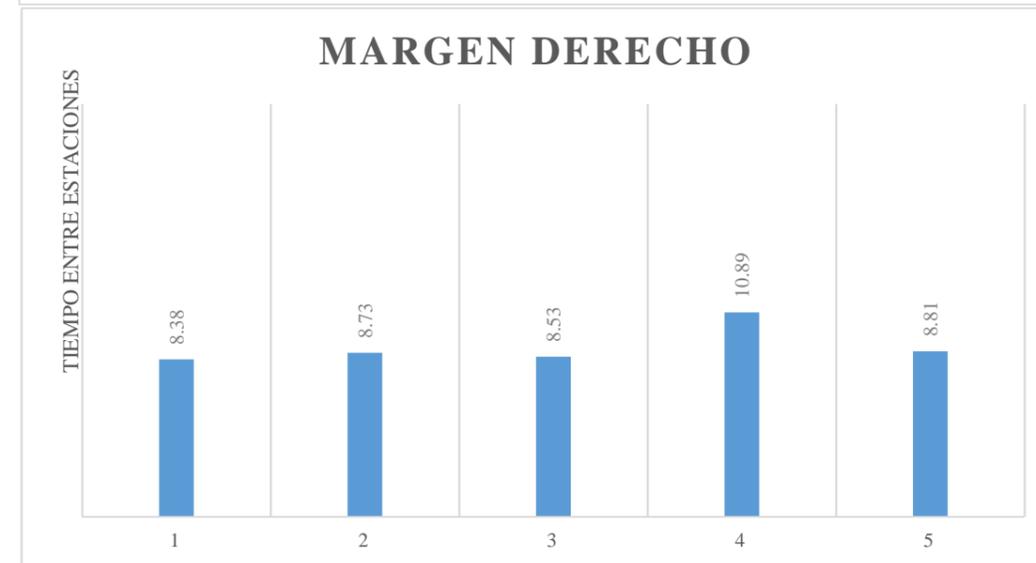
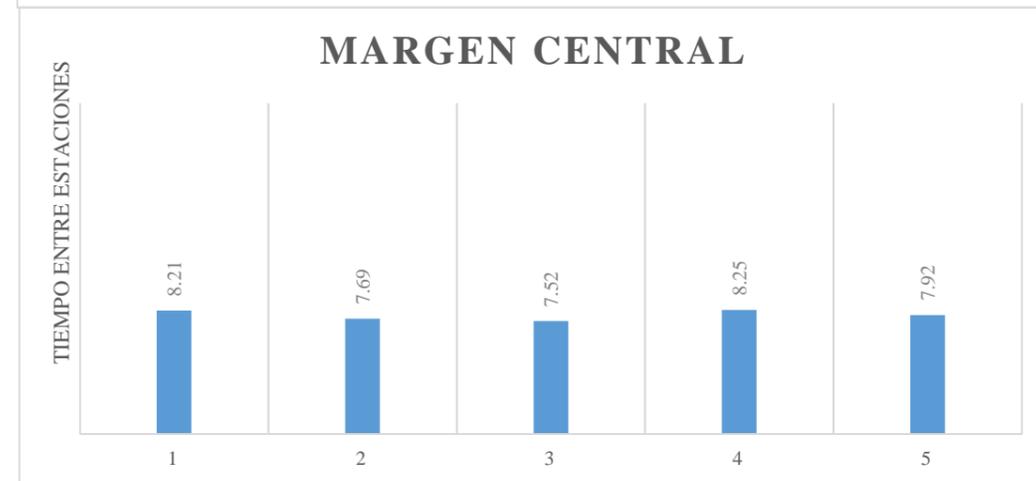
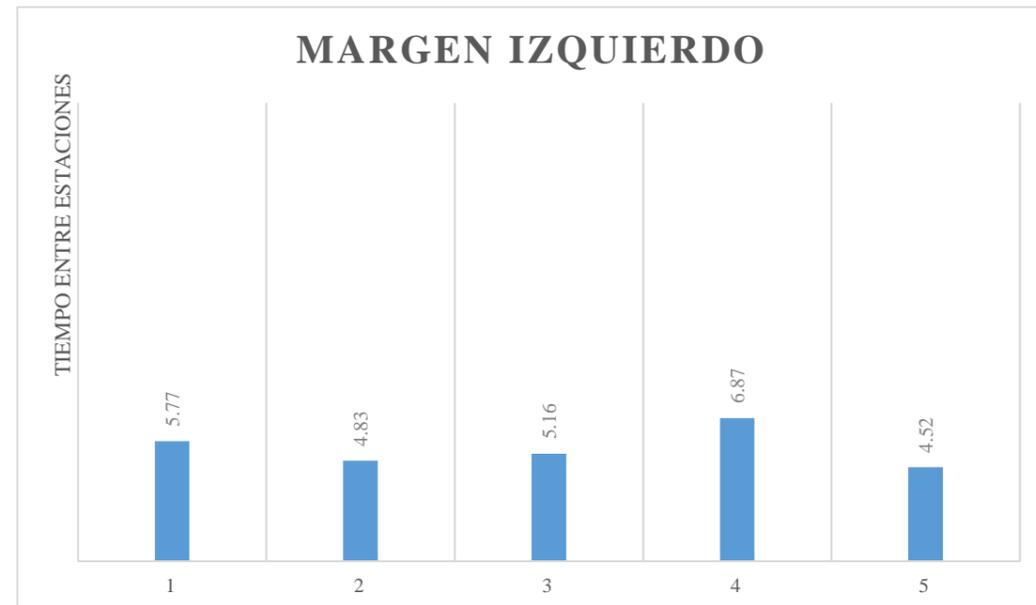


**IDENTIFICACIÓN DE DATOS ATÍPICOS
MÉTODO DE FLOTADOR**

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES			
Sector:	Felipe II	Velocidad del viento (m/s)	0.20
Fecha:	15/03/2017	Cota aguas arriba (m):	2534.10
Hora inicio:	17:00	Cota aguas abajo (m):	2533.9
Hora fin:	17:50	Aforador:	A. Placencio

Flotador	TIEMPO (s)					
	Margen izquierdo		Centro		Margen derecho	
	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas	Estabilización	Entre regletas
1	24.39	5.77	26.96	8.21	30.45	8.38
2	22.73	4.83	26.01	7.69	30.18	8.73
3	26.15	5.16	25.61	7.52	31.53	8.53
4	23.10	6.87	27.33	8.25	31.62	10.89
5	25.93	4.52	24.23	7.92	32.02	8.81

CRITERIO DE UNA DESVIACIÓN						
Margen	Media aritmética	Desviación estandar	Número de desviaciones	Límite inferior	Límite superior	Dato eliminados
Izquierdo	5.43	0.93	1.00	4.50	6.36	1
Central	7.92	0.32	1.00	7.60	8.24	2
Derecho	9.07	1.03	1.00	8.04	10.10	1



ANEXO 5

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO			VELOCIDAD			VELOCIDAD MEDIA		
		CONTROL 1	CONTROL 2		IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
BARABÓN	26/05/2016	2704.76	2704.55	1	15.72	17.19	15.83	1.92	1.76	1.91	1.94	1.80	1.88
				2	15.45	17.20	16.31	1.95	1.76	1.85			
				3		15.96		-	1.89	-			
	14/06/2016	2705.10	2704.85	1	10.49	10.12	10.66	2.88	2.98	2.83	2.87	2.98	2.82
				2	10.54	10.17	10.73	2.87	2.97	2.81			
	21/06/2016	2705.25	2704.95	1	8.20	9.61	-	3.68	3.14	-	3.68	3.16	-
				2	-	9.59	-	-	3.15	-			
				3	-	9.50	-	-	3.18	-			
	23/06/2016	2705.25	2704.95	1	9.40	9.35	-	3.21	3.23	-	3.21	3.22	-
				2	-	9.41	-	-	3.21	-			
				3	-	9.42	-	-	3.21	-			
	15/01/2017	2705.25	2704.95	1	7.86	7.28	7.66	3.84	4.15	3.94	3.56	3.89	3.66
				2	8.91	7.53	8.82	3.39	4.01	3.42			
				3	8.77	8.61	8.38	3.44	3.51	3.60			
	03/03/2017	2704.90	2704.60	1	11.59	11.04	13.98	2.61	2.74	2.16	2.61	2.72	2.43
				2	11.73	11.19	12.08	2.57	2.70	2.50			
				3	12.66	-	11.50	2.39	-	2.63			
				4	10.51	-	-	2.87	-	-			
	11/03/2017	2705.35	2705.05	1	7.66	6.93	7.99	3.94	4.36	3.78	4.04	4.34	3.82
				2	7.41	6.89	7.91	4.08	4.38	3.82			
				3	7.37	6.98	7.80	4.10	4.33	3.87			
				4	-	7.05	-	-	4.28	-			
	12/03/2017	2704.94	2704.65	1	19.10	17.00	13.10	1.58	1.78	2.31	1.95	2.22	2.12
				2	17.10	13.80	13.80	1.77	2.19	2.19			
				3	13.90	14.30	14.30	2.17	2.11	2.11			
				4	13.20	10.80	16.00	2.29	2.80	1.89			
	13/03/2017	2704.80	2704.52	1	22.00	24.50	20.30	1.37	1.23	1.49	1.44	1.60	1.74
				2	21.90	17.20	14.30	1.38	1.76	2.11			
3				19.30	19.30	18.80	1.56	1.56	1.61				
4				-	16.50	-	-	1.83	-				
15/03/2017	2705.40	2705.10	1	7.11	6.60	7.42	4.25	4.58	4.07	4.24	4.51	4.01	
			2	7.06	6.63	7.69	4.28	4.56	3.93				
			3	7.14	6.72	7.62	4.23	4.49	3.96				
			4	7.19	6.87	7.39	4.20	4.40	4.09				

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL METODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO			VELOCIDAD			VELOCIDAD MEDIA			
		CONTROL 1	CONTROL 2		IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	
MISICATA	28/04/2016	2608.50	2608.20	1	-	8.85	-	-	3.79	-	-	-	-	-
				2	-	8.78	-	-	3.82	-	-	-	-	-
	14/06/2016	2608.50	2608.50	1	16.54	10.96	-	-	3.06	-	-	-	-	-
				2	15.57	11.2	-	-	2.99	-	-	-	-	-
				3	-	10.47	-	-	3.20	-	-	-	-	-
	20/06/2016	2609.05	2608.90	1	6.07	7.05	-	5.52	4.76	-	-	4.95	4.78	-
				2	7.68	6.98	-	4.37	4.80	-	-	-	-	-
	21/06/2016	2608.70	2608.35	1	8.75	8.25	-	3.83	4.06	-	-	3.99	4.15	-
				2	8.08	7.91	-	4.15	4.24	-	-	-	-	-
	23/06/2016	2608.60	2608.30	1	16.92	9.3	-	1.98	3.61	-	-	2.88	3.80	-
				2	8.86	8.41	-	3.78	3.99	-	-	-	-	-
	15/01/2017	2608.60	2608.30	1	10.65	11.46	9.75	3.15	2.93	3.44	-	-	-	-
				2	9.83	10.27	9.79	3.41	3.27	3.43	3.31	2.95	3.48	
				3	9.96	12.66	9.38	3.37	2.65	3.57	-	-	-	-
	03/03/2017	2608.25	2608.00	1	13.67	13.57	15.34	2.45	2.47	2.19	-	-	-	-
				2	16.51	13.13	13.98	2.03	2.55	2.40	2.19	2.51	2.39	
				3	16.02	-	13.73	2.09	-	2.44	-	-	-	-
				4	-	-	13.24	-	-	2.53	-	-	-	-
	11/03/2017	2608.70	2608.35	1	10.91	8.74	9.26	3.07	3.84	3.62	-	-	-	-
				2	10.81	8.56	9.49	3.10	3.92	3.53	3.07	3.87	3.59	
				3	11.06	8.68	9.32	3.03	3.86	3.60	-	-	-	-
				4	-	-	9.29	-	-	3.61	-	-	-	-
	12/03/2017	2608.24	2607.97	1	11.7	12.5	12.6	2.87	2.68	2.66	-	-	-	-
				2	14.8	12.8	-	2.27	2.62	-	2.29	2.65	2.66	
				3	16.8	12.7	-	2.00	2.64	-	-	-	-	-
				4	16.4	-	-	2.04	-	-	-	-	-	-
	13/03/2017	2608.22	2607.90	1	16.6	15.9	20.8	2.02	2.11	1.61	-	-	-	-
				2	17.6	16.3	21.5	1.91	2.06	1.56	1.91	2.08	1.59	
3				19	-	21.1	1.76	-	1.59	-	-	-	-	
4				17.3	-	-	1.94	-	-	-	-	-	-	
15/03/2017	2608.75	2608.40	1	10.27	8.11	9.29	3.27	4.13	3.61	-	-	-	-	
			2	10.42	7.98	9.18	3.22	4.20	3.65	3.22	4.09	3.61		
			3	10.31	8.52	9.39	3.25	3.94	3.57	-	-	-	-	
			4	10.63	8.21	9.33	3.15	4.08	3.59	-	-	-	-	

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL METODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	COTA EN RELETA		FLOTADOR	TIEMPO			VELOCIDAD			VELOCIDAD MEDIA		
		CONTROL 1	CONTROL 2		IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
AV. FELIPE II	20/06/2016	2534.06	2533.90	1	4.55	4.65	-	5.38	5.27	-	5.36	5.30	-
				2	4.58	4.58	-	5.35	5.35	-			
				3	-	4.62	-	-	5.30	-			
	12/01/2017	2533.00	2532.79	1	16.19	9.54	14.24	1.51	2.57	1.72	2.13	2.41	1.66
				2	14.90	11.28	15.09	1.64	2.17	1.62			
				3	12.08	9.80	14.98	2.03	2.50	1.63			
				4	11.46	-	-	2.14	-	-			
				5	9.76	-	-	2.51	-	-			
				6	9.46	-	-	2.59	-	-			
	15/01/2017	2533.43	2533.25	1	7.79	7.42	7.91	3.14	3.30	3.10	3.04	3.29	2.99
				2	8.03	7.32	8.93	3.05	3.35	2.74			
				3	7.90	7.64	7.69	3.10	3.20	3.18			
				4	8.15	7.44	8.28	3.00	3.29	2.96			
				5	8.67	-	-	2.82	-	-			
				6	7.90	-	-	3.10	-	-			
	03/03/2017	2533.10	2532.90	1	10.92	7.63	8.38	2.24	3.21	2.92	2.15	3.19	2.36
				2	11.19	7.79	15.20	2.19	3.14	1.61			
				3	12.10	7.61	9.37	2.02	3.22	2.61			
				4	-	-	12.38	-	-	1.98			
				5	-	-	9.20	-	-	2.66			
	11/03/2017	2533.45	2533.25	1	7.64	7.22	7.11	3.20	3.39	3.44	3.24	3.38	3.21
				2	7.30	7.12	7.93	3.35	3.44	3.09			
				3	7.51	7.44	7.69	3.26	3.29	3.18			
				4	7.76	7.24	7.82	3.16	3.38	3.13			
	12/03/2017	2533.15	2533.00	1	13.60	9.14	10.72	1.80	2.68	2.28	1.81	2.68	2.26
				2	13.41	9.22	10.96	1.83	2.66	2.23			
				3	13.63	9.07	10.81	1.80	2.70	2.27			
				4	13.52	9.16	-	1.81	2.67	-			
	13/03/2017	2533.00	2532.80	1	13.76	9.69	10.84	1.78	2.53	2.26	1.79	2.63	2.27
				2	13.61	9.29	10.71	1.80	2.64	2.29			
				3	13.60	9.25	10.86	1.80	2.65	2.25			
				4	-	9.05	-	-	2.71	-			
	15/03/2017	2533.55	2533.35	1	5.77	8.21	8.38	4.24	2.98	2.92	4.87	3.09	2.84
				2	4.83	7.69	8.73	5.07	3.18	2.80			
				3	5.16	7.92	8.53	4.75	3.09	2.87			
				4	4.52	-	8.81	5.42	-	2.78			

ANEXO 6

CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE CALIBRACION

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR (V_{flotador})			VELOCIDAD MEDIA CON MOLINETE (V_{molinete})			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()		
		IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
BARABÓN	26/05/2016	1.94	1.80	1.88	1.39	1.66	1.37	0.72	0.92	0.73
	15/01/2017	3.56	3.89	3.66	1.64	2.15	1.56	0.46	0.55	0.43
	03/03/2017	2.61	2.72	2.43	1.38	1.91	1.05	0.53	0.70	0.43

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL METODO DE FLOTADORES										
SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR (Vflotador)			VELOCIDAD MEDIA CON MOLINETE (Vmolinete)			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()		
		IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
MISICATA	03/03/2017	2.19	2.51	2.39	1.79	2.31	0.56	0.81	0.92	0.23
	13/03/2017	1.91	2.08	1.59	1.16	3.41	0.33	0.61	1.64	0.21

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL METODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR (Vflotador)			VELOCIDAD MEDIA CON MOLINETE (Vmolinete)			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()		
		IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	IZQUIERD O	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO
FELIPE II	03/03/2017	2.15	3.19	2.36	1.88	2.92	2.47	0.874	0.914	1.048
	13/03/2017	1.79	2.63	2.27	1.61	2.45	2.16	0.895	0.933	0.953

ANEXO 7
CÁLCULO DEL
CAUDAL

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()			VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR CORREGIDA			VELOCIDAD DE LA SECCIÓN	SECCIÓN DE AFORO PARA FLOTADOR			CAUDAL MEDIO CON FLOTADO
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO		SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCION MEDIA	
BARABÓN	26/05/2016	1.94	1.80	1.88	0.72	0.92	0.73	1.40	1.66	1.37	1.47	10.07	10.95	10.51	15.50
	14/06/2016	2.87	2.98	2.82	0.53	0.70	0.43	1.52	2.08	1.21	1.61	15.47	16.63	16.05	25.79
	21/06/2016	3.68	3.16	-	0.46	0.55	-	1.69	1.74	-	1.72	17.92	18.54	18.23	31.27
	23/06/2016	3.21	3.22	-	0.46	0.55	-	1.48	1.77	-	1.62	17.92	18.54	18.23	29.59
	15/01/2017	3.56	3.89	3.66	0.46	0.55	0.43	1.64	2.14	1.57	1.78	17.92	18.54	18.23	32.50
	03/03/2017	2.61	2.72	2.43	0.53	0.70	0.43	1.38	1.90	1.04	1.44	12.27	11.89	12.08	17.43
	11/03/2017	4.04	4.34	3.82	0.46	0.55	0.43	1.86	2.39	1.64	1.96	19.58	20.46	20.02	39.28
	12/03/2017	1.95	2.22	2.12	0.72	0.92	0.73	1.41	2.04	1.55	1.67	12.91	12.83	12.87	21.44
	13/03/2017	1.44	1.60	1.74	0.72	0.92	0.73	1.04	1.47	1.27	1.26	10.69	10.38	10.54	13.25
	15/03/2017	4.24	4.51	4.01	0.46	0.55	0.43	1.95	2.48	1.73	2.05	20.41	21.41	20.91	42.89

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL METODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA CON FLOTADOR			VELOCIDAD DE LA SECCIÓN	SECCIÓN DE AFORO PARA FLOTADOR			CAUDAL MEDIO CON FLOTADOR	COEFICIENTE DE CALIBRACION ()	CAUDAL MEDIO CORREGIDO
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO		SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCION MEDIA			
MISICATA	28/04/2016	-	3.80	-	3.80	22.5642	25.856	24.21	92.10	0.51	46.97
	14/06/2016	2.09	3.09	-	2.59	22.5642	25.856	24.21	62.66	0.51	31.95
	20/06/2016	4.95	4.78	-	4.86	34.8837	38.5614	36.72	178.58	0.51	91.07
	21/06/2016	3.99	4.15	-	4.07	27.0406	28.7772	27.91	113.63	0.51	57.95
	23/06/2016	2.88	3.80	-	3.34	24.8053	27.7094	26.26	87.70	0.51	44.73
	15/01/2017	3.31	2.95	3.48	3.25	24.8053	27.7094	26.26	85.21	0.51	43.46
	03/03/2017	2.19	2.51	2.39	2.36	17.0308	21.3879	19.21	45.43	0.51	23.17
	11/03/2017	3.07	3.87	3.59	3.51	27.0406	28.7772	27.91	97.98	0.51	49.97
	12/03/2017	2.29	2.65	2.66	2.53	16.8116	20.7638	18.79	47.61	0.51	24.28
	13/03/2017	1.91	2.08	1.59	1.86	16.3719	19.3133	17.84	33.17	0.64	21.23
15/03/2017	3.22	4.09	3.61	3.64	28.1608	29.849	29.00	105.57	0.51	53.84	

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL METODO DE FLOTADORES

SECTOR	FECHA	VELOCIDAD MEDIA			COEFICIENTE DE CALIBRACIÓN ()			VELOCIDAD MEDIA CON			VELOCIDAD DE LA SECCIÓN	SECCIÓN DE AFORO PARA			CAUDAL MEDIO CON
		MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN CENTRAL	MARGEN DERECHO		SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCION MEDIA	
AV. FELIPE II	20/06/2016	5.36	5.30	-	0.885	0.923	1.000	4.75	4.90	-	4.82	29.563	33.100	31.33	151.06
	12/01/2017	2.13	2.41	1.66	0.885	0.923	1.000	1.88	2.23	1.66	1.92	10.302	10.664	10.48	20.15
	15/01/2017	3.04	3.29	2.99	0.885	0.923	1.000	2.69	3.03	2.99	2.90	17.972	19.044	18.51	53.76
	03/03/2017	2.15	3.19	2.36	0.885	0.923	1.000	1.90	2.94	2.36	2.40	12.068	12.633	12.35	29.66
	11/03/2017	3.24	3.38	3.21	0.885	0.923	1.000	2.87	3.12	3.21	3.07	18.333	19.044	18.69	57.30
	12/03/2017	1.81	2.68	2.26	0.885	0.923	1.000	1.60	2.47	2.26	2.11	12.955	14.442	13.70	28.91
	13/03/2017	1.79	2.63	2.27	0.885	0.923	1.000	1.59	2.43	2.27	2.09	10.302	10.842	10.57	22.13
	15/03/2017	3.57	3.62	3.29	0.885	0.923	1.000	3.16	3.34	3.29	3.26	20.147	20.922	20.53	67.03

ANEXO 8
CÁLCULO DEL
COEFICIENTE DE
MANNING

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL METODO DE FLOTADORES

SECTOR	Fecha	Sección hidráulica (A)	Seccion media (Am)	Perímetro mojado (P)	Perimetro mojado medio (Pm)	Pendiente de energía (So)	Caudal medio con flotador (Q)	Coefficiente de Manning (n)
BARABÓN	26/05/2016	10.069	10.51	16.544	17.98	0.0070	15.50	0.040
		10.946		19.406				
	14/06/2016	15.471	16.05	17.477	18.77	0.0083	25.79	0.051
		16.632		20.060				
	21/06/2016	17.915	18.23	18.003	19.14	0.0099	31.27	0.056
		18.541		20.268				
	23/06/2016	17.915	18.23	18.003	19.14	0.0099	29.59	0.059
		18.541		20.268				
	15/01/2017	17.915	18.23	18.003	19.14	0.0099	32.50	0.054
		18.541		20.268				
	03/03/2017	12.272	12.08	16.929	18.22	0.0099	17.43	0.053
		11.889		19.516				
	11/03/2017	19.576	20.02	18.324	19.40	0.0099	39.28	0.052
		20.456		20.475				
	12/03/2017	12.910	12.87	17.039	18.33	0.0096	21.44	0.046
		12.833		19.626				
	13/03/2017	10.693	10.54	16.654	18.01	0.0093	13.25	0.054
		10.382		19.367				
15/03/2017	20.411	20.91	18.424	19.50	0.0099	42.89	0.051	
	21.415		20.578					

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RÍO YANUNCAY, POR EL MÉTODO DE FLOTADORES

SECTOR	Fecha	Sección hidráulica (A)	Seccion media (Am)	Perímetro mojado (P)	Perimetro mojado medio (Pm)	Pendiente de energía (So)	Caudal medio con flotador (Q)	Coefficiente de Manning (n)
MISICATA	28/04/2016	22.5642	24.21	23.362	22.84	0.0089	46.97	0.051
		25.8560		22.310				
	14/06/2016	22.5642	24.21	23.362	22.84	0.0089	31.95	0.075
		25.8560		22.310				
	20/06/2016	34.8837	36.72	24.480	24.18	0.0075	91.07	0.046
		38.5614		23.874				
	21/06/2016	27.0406	27.91	23.779	23.24	0.0104	57.95	0.056
		28.7772		22.702				
	23/06/2016	24.8053	26.26	23.579	23.08	0.0089	44.73	0.061
		27.7094		22.572				
	15/01/2017	24.8053	26.26	23.579	23.08	0.0089	43.46	0.062
		27.7094		22.572				
	03/03/2017	17.0308	19.21	22.628	22.21	0.0075	23.17	0.065
		21.3879		21.787				
	11/03/2017	27.0406	27.91	23.779	23.24	0.0104	49.97	0.064
		28.7772		22.702				
	12/03/2017	16.8116	18.79	22.599	22.15	0.0081	24.28	0.062
		20.7638		21.709				
13/03/2017	16.3719	17.84	22.540	22.03	0.0095	21.23	0.071	
	19.3133		21.526					
15/03/2017	28.1603	29.00	23.879	23.36	0.0104	53.84	0.064	
	29.8490		22.833					

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL RIO YANUNCAY, POR EL METODO DE FLOTADORES

SECTOR	Fecha	Sección hidráulica (A)	Seccion media (Am)	Perímetro mojado (P)	Perimetro mojado medio (Pm)	Pendiente de energía (So)	Caudal medio con flotador (Q)	Coefficiente de Manning (n)
FELIPE II	20/06/2016	29.563	31.33	20.534	22.67	0.0065	151.06	0.021
		33.100		24.804				
	12/01/2017	10.302	10.48	18.046	18.14	0.0086	20.15	0.033
		10.664		18.240				
	15/01/2017	17.972	18.51	19.057	19.27	0.0074	53.76	0.029
		19.044		19.476				
	03/03/2017	12.068	12.35	18.281	18.41	0.0082	29.66	0.029
		12.633		18.541				
	11/03/2017	18.333	18.69	19.104	19.29	0.0082	57.30	0.029
		19.044		19.476				
	12/03/2017	12.955	13.70	18.399	18.61	0.0061	29.91	0.029
		14.442		18.815				
	13/03/2017	10.302	10.57	18.046	18.16	0.0082	22.13	0.030
		10.842		18.267				
	15/03/2017	20.147	20.53	19.349	19.77	0.0082	67.03	0.028
		20.922		20.185				

ANEXO 9
REGISTRO
FOTOGRAFÍCO

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 1: Inspección de la zona de estudio, sector Puente de Barabón, aguas arriba.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2: Inspección de la zona de estudio, sector puente de Barabón, aguas abajo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3: Inspección de la zona de estudio, sector puente de Misicata, aguas arriba.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Inspección de la zona de estudio, sector puente de Misicata, aguas abajo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5: Inspección de la zona de estudio, sector puente de la Av. Felipe II, aguas arriba.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6: Inspección de la zona de estudio, sector puente de la Av. Felipe II, aguas abajo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7: Levantamiento topográfico en la zona de Barabón

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8: Levantamiento topográfico en la zona de Misicata.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9: Levantamiento topográfico en la zona de la Av. Felipe II.

Fuente: Elaboración propia.

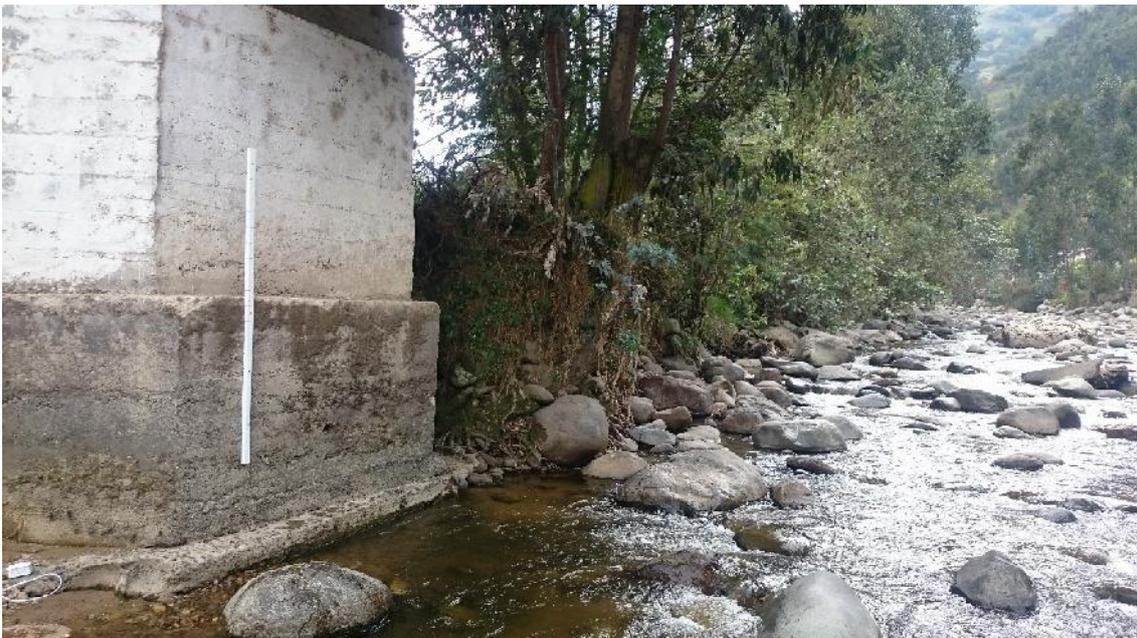


Figura 10: Instalación de regletas en la zona de Barabón, aguas arriba.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11: Instalación de regletas en la zona de Barabón, aguas abajo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 12: Instalación de regletas en la zona de Mísicata, aguas arriba.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13: Regleta graduada y georreferenciada en el sector de Misicata.

Fuente: Elaboración propia.

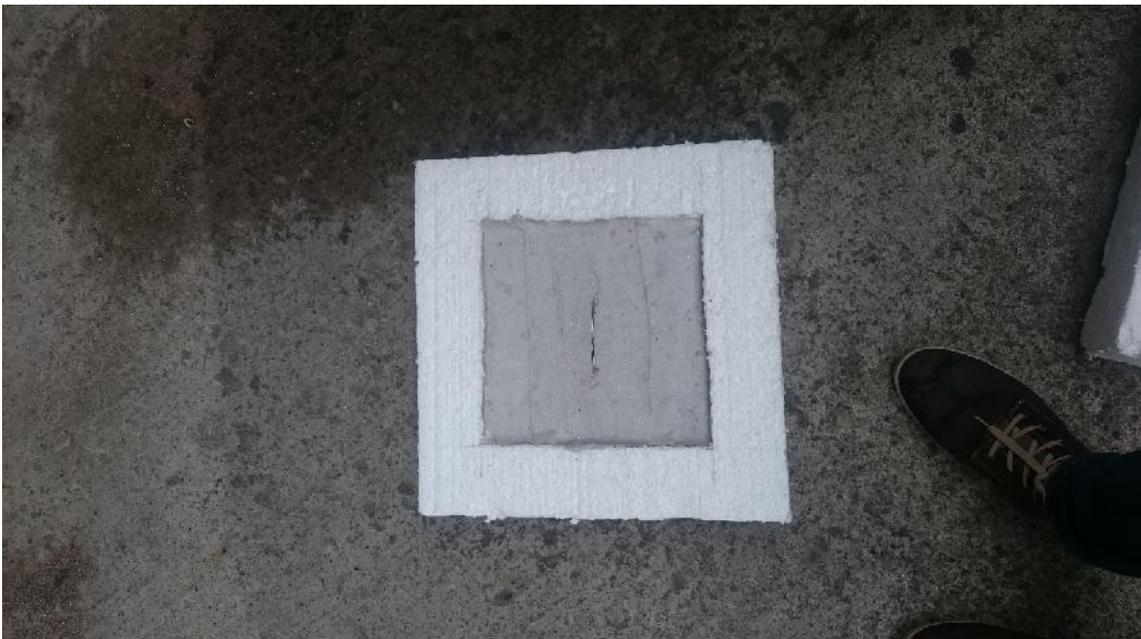


Figura 14: Flotador con poliestireno expandido.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15: Flotador con botellas plásticas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: Flotador con botellones de 1 galón.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 17: Prueba de flotadores con poliestireno expandido en el puente Misicata.

Fuente: Elaboración propia.

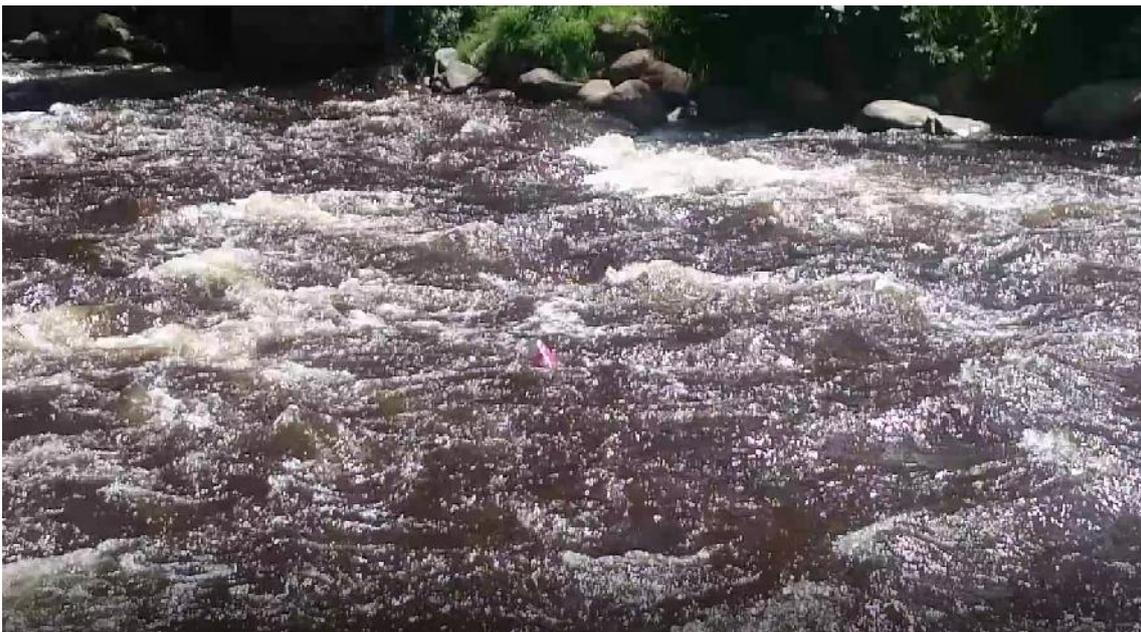


Figura 18: Prueba de flotadores con botellas plásticas en el puente Barabón.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 19: Prueba de flotadores con botellones de 1 galón, en el puente Barabón.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 20: Aforo con flotadores en el sector del puente Barabón.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21: Aforo con flotadores en el sector del puente Misicata:

Fuente: Elaboración propia.



Figura 22: Aforo con flotadores en el sector de la Av. Felipe II.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 23: Aforo con molinete en el sector del puente de Barabón.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 24: Aforo con molinete en el sector del puente de Misicata.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 25: Aforo con molinete en el sector de la Av. Felipe II.

Fuente: Elaboración propia.