

**DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD CRÍTICA DE DEPÓSITOS Y LA PÉRDIDA  
DE ENERGÍA DEL FLUJO DE UNA MEZCLA COMPUESTA POR METALES  
PESADOS, SEDIMENTOS Y AGUA EN CANALES ABIERTOS**

**CARLOS ARTURO LÓPEZ GÓMEZ  
HERNÁN DARÍO TAPIA SALAZAR**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

**DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD CRÍTICA DE DEPÓSITOS Y LA PÉRDIDA  
DE ENERGÍA DEL FLUJO DE UNA MEZCLA COMPUESTA POR METALES  
PESADOS, SEDIMENTOS Y AGUA EN CANALES ABIERTOS**

**CARLOS ARTURO LÓPEZ GÓMEZ  
HERNÁN DARÍO TAPIA SALAZAR**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director:  
HERNÁN JAVIER GÓMEZ ZAMBRANO  
Ingeniero Civil  
Magíster en Recursos Hidráulicos**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones del presente trabajo son de responsabilidad exclusiva de sus autores, la Universidad de Nariño no es responsable por las opiniones y resultados derivados de la presente investigación.

Artículo 1 de acuerdo N° 324 de octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma del Presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2011.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan su agradecimiento a:

**Hernán Gómez Zambrano:** I.C. Msc. En Recursos Hidráulicos. Profesor titular de la Universidad de Nariño, por su gran colaboración, orientación y motivación.

**Roberto García C:** I.A., Auxiliar de laboratorio de la Universidad de Nariño, por sus atenciones, y su gran disposición en momentos de necesidad.

**Gustavo Ponce:** Auxiliar de laboratorio de la Universidad de Nariño, por su colaboración desinteresada y disposición.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	20
1. MARCO REFERENCIAL .....	23
1.1 Generalidades. ....	23
1.2 Características de los sedimentos .....	24
1.3 Características de las mezclas. ....	26
1.4 Factores a determinar.....	27
1.5 Aforo del caudal líquido con orificio .....	30
1.6 Regresión lineal múltiple variable. ....	33
1.7 Elementos geométricos de secciones de canales .....	34
2. CONSTRUCCIÓN Y ADECUACIÓN DEL MONTAJE EXISTENTE ....	35
2.1 Adecuación de dispositivos al inicio de los canales.....	35
2.2 Adecuación del dosificador de sólidos.....	36
2.3 Instalación cinta métrica a lo largo del canal. ....	36
2.4 Base para cámara de video.....	37
2.5 Aseguramiento de partes del montaje .....	38
2.6 Dosificadores para plomo. ....	39
2.7 Malla elaborada de tela.....	39
3. ADECUACION DE CANALES .....	41
3.1 Montaje del canal circular en la viga-soporte.....	41
3.2 Montaje del canal rectangular 5cm en la viga-soporte.....	41
3.3 Nivelación canal circular. ....	42

4.	ENSAYOS DE SUELOS Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS .....	44
4.1	Densidad.....	44
4.2	Peso Específico .....	44
4.3	Ensayos de granulometría.....	46
4.4	Dosificador de sólidos.....	50
5.	PROCEDIMIENTO PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	52
5.1	Variables a cuantificar.....	53
5.2	Procedimiento de toma de datos .....	53
5.3	Metodología de cálculo y procesamiento de la información.....	57
5.4	Variables a analizar en la regresión lineal múltiple-variable .....	63
5.5	Correlación adimensional para el Número de Froude Densimétrico $F_M$ ó $F_L$ en condiciones de no depósito y en condiciones de velocidad de depósito respectivamente. ....	64
6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS A PARTIR DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE-VARIABLE .....	65
6.1	Resultados obtenidos. ....	65
6.2	Análisis de resultados.....	68
6.3	Metodología de diseño para canal circular .....	69
7.	CONCLUSIONES .....	80
8.	RECOMENDACIONES.....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	82

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Comparación de Regímenes en Flujo de Mezclas para tuberías (Tomada de Gómez 2002).....	24
Figura 2. Aforo de orificio .....	30
Figura 3. Aforo de Caudales .....	31
Figura 4. Dispositivo para arena en canal circular. ....	35
Figura 5. Dispositivo para plomo y mezcla en canal circular.....	35
Figura 6. Dispositivo para arena, plomo y mezcla en canal rectangular. ....	36
Figura 7. Adaptaciones en la tolva. ....	36
Figura 8. Instalación de cinta métrica y regla.....	37
Figura 9. Base para cámara de video. ....	38
Figura 10. Aseguramiento de partes del montaje. ....	38
Figura 11. Dosificadores para plomo. ....	39
Figura 12. Recolección del material utilizado.....	40
Figura 13. Mallas de tela para recolección de plomo.....	40
Figura 14. Adecuación canal circular. ....	41
Figura 15. Adecuación canal rectangular.....	42
Figura 16. Nivelación de canal.....	43
Figura 17. Peso en el aire del plomo. ....	45
Figura 18. Serie de tamices utilizados en granulometrías. ....	47
Figura 19. Tablero de mediciones con datos constantes del ensayo.....	54
Figura 20. Registro fotográfico del manómetro de mercurio en U con caudal mínimo. ....	55

Figura 21. Canal con pendiente máxima. ....	55
Figura 22. Realización del ensayo .....	56
Figura 23. Momento en que se detiene la grabación. ....	56
Figura 24. Esquema de la sección transversal del tubo.....	73

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Calibración orificio para medir caudal.....	32
Cuadro 2. Elementos geométricos de secciones de canales. ....	34
Cuadro 3. Densidad y peso específico de agregados .....	46
Cuadro 4. Resumen de parámetros obtenidos de las curvas granulométricas.....	49
Cuadro 5. Valores de caudal sólido para arena y mezcla.....	50
Cuadro 6. Valores de caudal sólido para plomo. ....	51
Cuadro 7. Factores que varían en el diseño experimental. ....	53
Cuadro A. 1. Análisis granulométrico arena tipo I .....	84
Cuadro A. 2. Análisis granulométrico arena tipo II .....	84
Cuadro A. 3. Análisis granulométrico arena tipo III, .....	84
Cuadro A. 4. Análisis granulométrico plomo tipo I .....	84
Cuadro A. 5. Análisis granulométrico plomo tipo I .....	85
Cuadro A. 6. Análisis granulométrico plomo tipo III .....	85
Cuadro A. 7. Análisis granulométrico mezcla tipo I, concentración 5%.....	85
Cuadro A. 8. Análisis granulométrico mezcla tipo I, concentración 15%.....	85
Cuadro A. 9. Análisis granulométrico mezcla tipo I, concentración 30%.....	86
Cuadro A. 10. Análisis granulométrico mezcla tipo II, concentración 5%.....	86
Cuadro A. 11. Análisis granulométrico mezcla tipo II, concentración 15%. ....	86
Cuadro A. 12. Análisis granulométrico mezcla tipo II, concentración 30%. ....	86
Cuadro A. 13. Análisis granulométrico mezcla tipo III, concentración 5%. ....	87

Cuadro A. 14. Análisis granulométrico mezcla tipo III, concentración 15%. .....	87
Cuadro A. 15. Análisis granulométrico mezcla tipo III, concentración 30%. .....	87
Cuadro B. 1. Variables para arena en canal circular.....	96
Cuadro B. 2. Variables para plomo en canal circular. ....	97
Cuadro B. 3. Variables para mezcla (arena – plomo) en canal circular. ....	100
Cuadro B. 4. Variables para arena en canal rectangular. ....	102
Cuadro B. 5. Variables para plomo en canal rectangular.....	104
Cuadro B. 6. Variables para mezcla (arena – plomo) en canal rectangular.....	105
Cuadro C. 1. Proceso matemático para velocidad de depósito con arena en canal circular.....	108
Cuadro C. 2. Proceso matemático para velocidad de depósito con plomo en canal circular.....	109
Cuadro C. 3. Proceso matemático para velocidad de depósito con mezcla en canal circular.....	111
Cuadro C. 4. Proceso matemático para velocidad de depósito con arena en canal rectangular.....	113
Cuadro C. 5. Proceso matemático para velocidad de depósito con plomo en canal rectangular.....	115
Cuadro C. 6. Proceso matemático para velocidad de depósito con mezcla en canal rectangular.....	117
Cuadro D. 1. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con arena para $f_s/f_w$ .....	120
Cuadro D. 2. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con plomo para $f_s/f_w$ . ....	121

Cuadro D. 3. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con mezcla para $fs/fw$ .	122
Cuadro D. 4. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con arena para $fs/fw$ .	123
Cuadro D. 5. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con plomo para $fs/fw$ .	123
Cuadro D. 6. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con mezcla para $fs/fw$ .	124
Cuadro D. 7. Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con arena para $fs/fw$ .	125
Cuadro D. 8. Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con plomo para $fs/fw$ .	128
Cuadro D. 9. Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con mezcla para $fs/fw$ .	130
Cuadro D. 10. Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con arena para $fs/fw$ .	133
Cuadro D. 11. Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con plomo para $fs/fw$ .	136
Cuadro D. 12. Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con mezcla para $fs/fw$ .	138
Cuadro E. 1. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con arena para $F_L$ .	142
Cuadro E. 2. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con plomo para $F_L$ .	143
Cuadro E. 3. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con mezcla para $F_L$ .	144
Cuadro E. 4. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con arena para $F_L$ .	145

Cuadro E. 5. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con plomo para $F_L$ .....	145
Cuadro E. 6. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con mezcla para $F_L$ .....	146
Cuadro E. 7. Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con arena para $F_M$ .....	147
Cuadro E. 8. Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con plomo para $F_M$ .....	150
Cuadro E. 9. Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con mezcla para $F_M$ .....	152
Cuadro E. 10. Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con arena para $F_M$ .....	155
Cuadro E. 11. Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con plomo para $F_M$ .....	158
Cuadro E. 12. Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con mezcla para $F_M$ .....	160

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Curva de calibración Placa de Orificio .....	32
Gráfica 2. Comparación de datos medidos y calculados con la metodología propuesta para las profundidades de la mezcla (agua-plomo) en el canal circular. ....	79
Gráfica A. 1. Curva granulométrica arena tipo I.....	88
Gráfica A. 2. Curva granulométrica arena tipo II.....	88
Gráfica A. 3. Curva granulométrica arena tipo III.....	89
Gráfica A. 4. Curva granulométrica plomo tipo I. ....	89
Gráfica A. 5. Curva granulométrica plomo tipo II. ....	90
Gráfica A. 6. Curva granulométrica plomo tipo III. ....	90
Gráfica A. 7. Curva granulométrica mezcla tipo I, concentración 5%. ....	91
Gráfica A. 8. Curva granulométrica mezcla tipo I, concentración 15%. ....	91
Gráfica A. 9. Curva granulométrica mezcla tipo I, concentración 30%. ....	92
Gráfica A. 10. Curva granulométrica mezcla tipo II, concentración 5%. ....	92
Gráfica A. 11. Curva granulométrica mezcla tipo II, concentración 15%. ....	93
Gráfica A. 12. Curva granulométrica mezcla tipo II, concentración 30%. ....	93
Gráfica A. 13. Curva granulométrica mezcla tipo III, concentración 5%. ....	94
Gráfica A. 14. Curva granulométrica mezcla tipo III, concentración 15%. ....	94
Gráfica A. 15. Curva granulométrica mezcla tipo III, concentración 30%. ....	95

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Análisis y curvas granulométricas .....	84
<b>Anexo B.</b> Variables a cuantificar .....	96
<b>Anexo C.</b> Proceso matemático.....	108
<b>Anexo D.</b> Correlación adimensional para el factor de fricción $f_s/f_w$ .....	120
<b>Anexo E.</b> Correlación adimensional para el número de Froude Densimétrico. ...	142

## RESUMEN

Este trabajo de grado presenta los resultados de la investigación experimental llevada a cabo sobre el estudio del comportamiento del flujo de mezclas sedimentables, compuestas por agua, sedimentos y materiales pesados a través de un canal abierto artificial.

Para que la investigación **“DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD CRÍTICA DE DEPÓSITOS Y LA PÉRDIDA DE ENERGÍA DEL FLUJO DE UNA MEZCLA COMPUESTA POR METALES PESADOS, SEDIMENTOS Y AGUA EN CANALES ABIERTOS”** fuese posible, se adecuó un montaje de laboratorio en el cual se adaptaron un canal circular y uno rectangular con pendiente variable; estos canales están compuestos de tres partes o tramos, esto creó a necesidad de rectificar la pendiente para que sea uniforme a lo largo de todo el canal, entre otras adecuaciones realizadas están: calibración de dosificadores de sólidos y calibración de una placa con orificio para el cálculo del caudal líquido.

También se realizaron ensayos como: densidad, peso específico y análisis granulométricos, para determinar las características de los materiales utilizados y los rangos de tamaños de sedimentos y material pesado estipulados en el proyecto

Se establecieron desarrollos matemáticos que explican el comportamiento de las pérdidas de energía y la velocidad crítica de depósito en canales abiertos, por medio de la técnica del análisis dimensional, usando los datos experimentales de laboratorio y evaluando procedimientos matemáticos existentes. De este modo se puede seleccionar los que brinden mayor seguridad en el cálculo, comparados con los datos experimentales. Como resultado se estableció una metodología de cálculo para el transporte hidráulico de sedimentos con materiales pesados en un canal circular.

.

## ABSTRACT

This graduate work presents the results of experimental research conducted on the study of flow behavior of sedimentary mixtures, composed by water, sediment, and heavy materials which flows on an artificial open channel.

In order to carry out the study entitled "**DETERMINATION OF CRITICAL SPEED OF DEPOSIT AND LOSS OF POWER FLOW OF A MIXTURE FORMED BY HEAVY METALS, SEDIMENT AND WATER IN OPEN CHANNELS**", a montage of a laboratory was adapted in which a circular channel and a rectangular one with variable slope were adapted. These channels were composed of three parts or sections. This created a need to correct the slope to be uniform throughout the channel. Among other adaptations carried out were: solid dispensers' calibration and calibration of a plate with an orifice to calculate the fluid flow.

Similarly, tests such as density, specific gravity, and grain size analysis were performed to determine the characteristics of the materials used and the size ranges of sediment and heavy material stipulated in the project.

Mathematical developments were established to explain the behavior of the energy losses and the critical velocity of deposit in open channels through the technique of dimensional analysis, using experimental laboratory data and evaluating existing mathematical procedures. In this way, the ones that provide higher accuracy in the calculation compared to experimental data can be selected. As a result, a methodology for calculating the hydraulic transport of sediments with heavy metals in a circular channel was established.

.

.

## SIMBOLOGÍA

En presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes símbolos:

$N_m$ :	Coeficiente de rugosidad de Manning.
$\theta$ :	Angulo geométrico (solo sección circular)
$A_c$ :	Área donde está depositado el sedimento
$P$ :	Perímetro mojado
$R_H$ :	Radio hidráulico de la sección mojada transversal del canal.
$F_L$ :	Numero de Froude densimétrico
$S$ :	Pendiente del canal
$f_m$ :	Factor de fricción producido por la mezcla
$e/D$ :	Rugosidad relativa.
$f_w$ :	Factor de fricción del agua calculado con la Ecuación de Swamme Jain
$f_s$ :	Factor de fricción producido por los sólidos
$f_s/f_w$ :	Relación del Factor de fricción adicional producido por los sólidos y el del agua
$\rho_s$ :	Densidad del sólido en la mezcla.
$\rho_m$ :	Densidad de la mezcla (sólido + agua).
$d_{50}$ :	Diámetro de la partícula.
$g$ :	Aceleración de la gravedad.
$\mu_m$ :	Viscosidad dinámica de la muestra.
$C'_D$ :	Coeficiente de arrastre de partículas afectadas por la mezcla.
$\nu_w$ :	Viscosidad de del agua.
$\nu_m$ :	Viscosidad de la mezcla.
$V_{SM}$ :	Velocidad de asentamiento de partículas afectadas por la mezcla.
$V_d$ :	Velocidad crítica de depósito.
$C_S$ :	Concentración volumétrica de partículas.
$V_S$ :	Velocidad de partícula individual.
$C_M$ :	Concentración de metal (plomo)
$R_S$ :	Número de Reynolds de partícula individual.
$S_S$ :	Gravedad específica de los sólidos.
$NR_M$ :	Número de Reynolds de partículas afectadas por la mezcla.
$d^*$ :	Diámetro adimensional de partícula individual.
$d^{*'}:$	Diámetro adimensional de partículas afectadas por la mezcla.
$d$ :	Diámetro de partícula de sedimento o sólido transportado.
$\Delta$ :	Gravedad específica sumergida.
$\Delta'$ :	Gravedad específica sumergida por efecto de la mezcla.
$\nu_m$ :	Viscosidad dinámica de la mezcla.
$S_S$ :	Gravedad Específica de los Sólidos.
$\nu_f$ :	Viscosidad dinámica del fluido.
$V_s$ :	Velocidad de asentamiento de partículas individuales

- $n$ : Exponente del efecto de la concentración sobre la velocidad de asentamiento de las partículas.
- $R_s$ : Numero de Reynolds de la partícula para sedimentos naturales.

## INTRODUCCIÓN

El transporte hidráulico de sólidos, a través de canales, constituye una operación ampliamente utilizada desde hace varios años en numerosas industrias y especialmente en el campo de la minería. El agua es el fluido más común para transportar sólidos, y si la instalación opera en forma continua, el proceso es capaz de transportar grandes cantidades de sólidos.

En Colombia la ubicación de los yacimientos ofrece condiciones de pendientes y balances hidrológicos favorables que hacen pensar de inmediato en el transporte mediante un sistema hidráulico, consistente en el movimiento gravitacional y/o forzado de suspensiones (sólido – líquido) ya sea en tuberías o canales.

El creciente interés por esta alternativa para transportar materiales de tamaño reducido, es principalmente de índole económico, y son varios los factores destacados:

Bajo costo y economía de escala, proporciona un flujo continuo de sólidos y fácil implementación de control automático, puesta en marcha de la explotación de yacimientos mineros, cuya localización hace que tal actividad no sea económica por medio del transporte tradicional, bajo consumo de energía, posibilidad de transportar varios productos, no se produce daño ni se altera el medio ambiente, permitir la elección de la vía más corta entre dos puntos al atacar cualquier tipo de pendientes, poder alcanzar ritmos de transportes imposibles de realizar con otro tipo de sistema.

La primera patente relacionada con el transporte hidráulico de sólidos, de tipo industrial, data del año 1891, y se relaciona con el transporte de carbón mediante bombeo de una suspensión preparada con agua como fluido transportador.

El rango de aplicación del transporte hidráulico de sólidos en la industria minera es muy amplio, tanto para el cobre como para toda la minería metálica.

A partir de la optimización del transporte de sólidos en canales abiertos con ayuda del agua se crea formas de hacer que dicho líquido sea conservado ya que todas las formas de vida conocidas dependen del agua.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

**Planteamiento de la pregunta.** ¿Cuál es la pérdida de energía y la velocidad crítica de depósito, en el flujo de una mezcla sedimentable compuestas por material aluvial, plomo, sedimentos con agua, en canales abiertos artificiales, que

cuantifiquen las variables correspondientes a las propiedades de los sedimentos naturales, las del agua, las del material del canal y las de la mezcla?

**Descripción del problema.** El problema consiste en que no existen procedimientos matemáticos con una rigurosidad científica adecuada, que expliquen el comportamiento real del flujo de mezclas sedimentables, en canales abiertos construidos por el hombre. Los estudios existentes, no explican claramente en qué condiciones de laboratorio fueron realizados, ni presentan los datos de laboratorio obtenidos, lo que limita su aplicación a un caso práctico.

Los pocos procedimientos conocidos para evaluar la resistencia del flujo de una mezcla en canales abiertos, datan de 1971, cuando (Graf, 1971)<sup>1</sup> presentó la relación Graf-Acoraglu, la cual no ha sido revaluada hasta el presente y los datos experimentales con los cuales se obtuvo dicha relación, desafortunadamente nunca fueron publicados. (Abulnaga, 2002)<sup>2</sup>.

Los procedimientos existentes no tienen en cuenta algunas variables como el efecto de la concentración de partículas finas sobre el proceso de sedimentación y la pérdida de energía, ni el efecto de la granulometría de los sedimentos. Aunque estas variables ofrecen gran complejidad de estudio, es posible incluirlas para cuantificar el efecto sobre la pérdida de energía y la velocidad crítica de depósito. La naturaleza de los sedimentos es poseer diferentes densidades, formas y tamaños, por lo tanto, las mezclas realizadas con ellos, producirán mezclas heterogéneas y homogéneas, sedimentables, que aunque medir el efecto de estas mezclas es sumamente difícil, es posible reducir el problema introduciendo valores promedio o valores representativos, y simplificando el problema al estudio de mezclas.

El efecto de los sedimentos finos, sobre el proceso de depositación de partículas más gruesas y sobre las pérdidas de energía del flujo es incrementar linealmente la viscosidad y densidad del agua, generando mayores pérdidas de energía que si el fluido fuera agua limpia, pero el efecto sobre la VCD es por el lado de la seguridad, ya que a mayor viscosidad y densidad del fluido, menor es la velocidad necesaria para transportar dichas partículas sólidas inmensas en él, por tal motivo la situación más desfavorable para cuantificar la VCD es con mezclas sedimentables compuestas por agua y sedimentos sedimentables que contienen un metal pesado como el plomo.

En este caso el problema que se pretende investigar radica en el desconocimiento del comportamiento hidráulico dentro del canal abierto de las mezclas ya mencionadas. Por esto se quiere enfocar la solución en las condiciones más desfavorables para la cuantificación de la pérdida de energía y la VCD.

---

<sup>1</sup> Graf, H. W. (1971) "Hydraulics of Sediment Transport". McGraw-Hill. New York. 1792. pg. 447.

<sup>2</sup> Abulnaga, Baha E., P.E. (2002). "Slurry Systems Handbook". McGraw Hill. 2002. pp 6.34.

## **OBJETIVOS**

**Objetivo general.** Determinar de velocidad crítica de depósitos y la pérdida de energía en el flujo de una mezcla compuesta por metales pesados, material aluvial y agua en canales abiertos por medio de ensayos experimentales en laboratorio.

### **Objetivos específicos**

- Identificar los procedimientos matemáticos existentes para el flujo de mezclas agua materiales pesados en canales abiertos.
- Conocer las pérdidas de energía que sufre un flujo de mezclas sedimentables, por medio de experimentos prácticos en laboratorio.
- Identificar y cuantificar las velocidades críticas de depósito dentro del flujo de mezclas sedimentables, por medio de experimentos prácticos en laboratorio.
- Elaborar una metodología de diseño para efectos prácticos en ingeniería.

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 GENERALIDADES

Dentro del flujo de mezclas agua-sólido, los parámetros a evaluar son la pérdida de energía del flujo de la mezcla y las velocidades que limitan los diferentes tipos de flujo que ocurren. Para efectos prácticos en el transporte hidráulico de materiales sólidos, dentro de los tipos de flujo identificados, que son de nuestro interés el *flujo con depósito*, el *flujo heterogéneo* y *flujo pseudohomogéneo*; existiendo dos velocidades críticas diferentes, que para efectos de la presente investigación se denominaron, *velocidad crítica de depósito* y *velocidad crítica pseudohomogénea*.

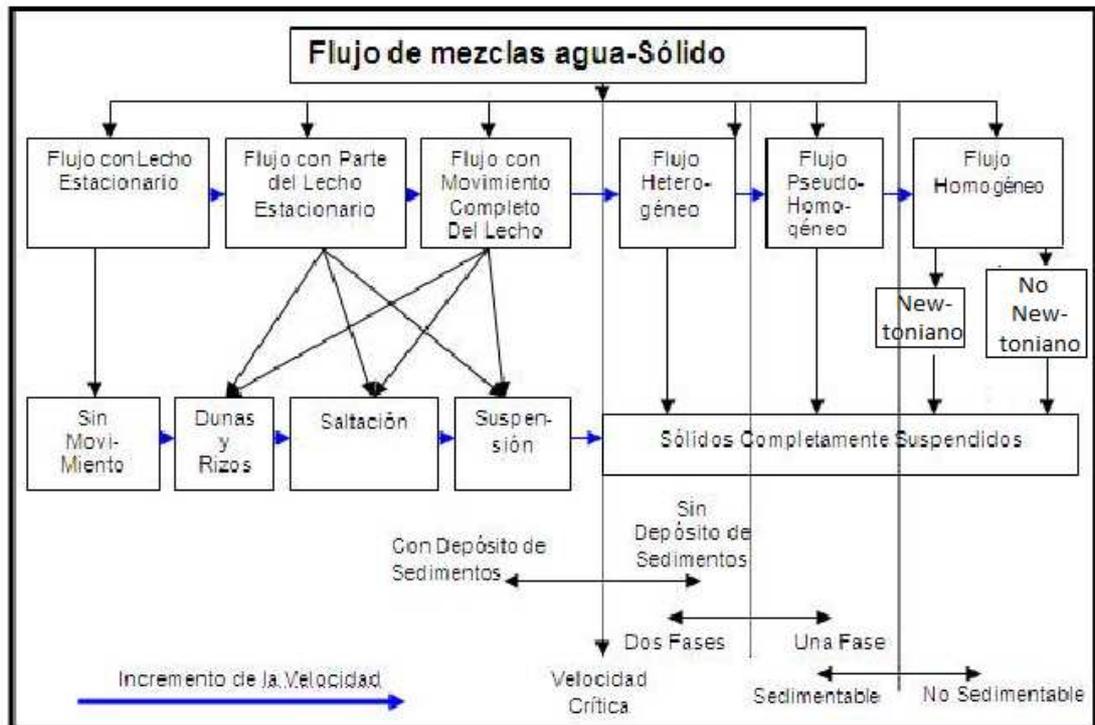
Gómez (2002)<sup>3</sup>, proporciona información sobre las diferentes clases de flujos, en el flujo de mezclas fluido sólido y sus modos de transporte asociados se indican en la **Figura 1**. La secuencia mostrada inicia con un lecho estacionario en el fondo, sobre el cual no existe movimiento de los sólidos. Al incrementar la velocidad, parte del lecho comienza a moverse, algunas partículas se moverán como rodamiento o deslizamiento, (*carga de contacto*), formando rizos y dunas. Si incrementamos más la velocidad todo el lecho estacionario se pondrá en movimiento, pero aun conservándose los mismos modos de transporte, este estado es conocido como ***flujo en saltación con lecho deslizante***. Si se sigue incrementando la velocidad las partículas viajarán completamente suspendidas y la carga del lecho desaparecerá, (*carga de contacto y saltación*), generando flujo completamente suspendido el cual se divide en ***flujo heterogéneo*** y ***flujo pseudohomogeneo***.

Como se puede dar cuenta el hidrot transporte de material sólido implica varios modos de transporte, desde flujo con lecho deslizante hasta partículas completamente suspendidas. El cambio de un modo a otro depende de las **propiedades de la mezcla** como su *velocidad media* y *concentración*; **propiedades de los sólidos** como *tamaño*, *forma*, *densidad*, *gradación*; **propiedades del fluido** como *densidad* y *viscosidad* y **propiedades de la tubería** como *diámetro*, *pendiente* y *rugosidad*.

---

<sup>3</sup> Gómez, Z. Hernán. J. (2002). "Hidrot transporte de sedimentos en tubos horizontales a presión: Estudio de la velocidad crítica de depositación". Trabajo de investigación para optar el título de Magíster en Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Oct 2002.

**Figura 1.** Comparación de Regímenes en Flujo de Mezclas para tuberías. (Tomada de Gómez 2002)



## 1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SEDIMENTOS

Los sedimentos estudiados en el trabajo (mezclas sedimentables) son partículas sólidas que resultan de la disgregación del plomo por efecto de trituración. Los sedimentos pueden ser clasificados según su tamaño, definiendo un diámetro de partícula, el cual establece la base para su clasificación.

Si son partículas medianas se miden por medio de tamices y se les asigna el diámetro de la abertura por el cual pasa, denominándose *diámetro de tamiz*. Si las partículas son muy pequeñas el tamaño se determina mediante la velocidad de sedimentación, asignándoles el *diámetro de sedimentación*, el cual corresponde al diámetro de una esfera de igual volumen que el de la partícula de sedimento.

- ✓ **MODOS DE TRANSPORTE.** El movimiento de los sólidos dentro de un fluido se realiza mediante diferentes modos de transporte, dependiendo de las características de los sólidos se definen los siguientes modos de transporte

- **RODAMIENTO Y ARRASTRE:** Estos modos suceden cuando las partículas de sedimentos son soportadas la mayor parte del tiempo por el fondo del conducto, rodando, arrastrándose o deslizándose sobre el fondo, cuando el fondo del tubo está cubierto por una capa de sedimentos en reposo, este modo de transporte genera las formas del lecho comúnmente conocidas como *rizos y dunas*. Las partículas que se mueven con este modo forman lo que se denominan **carga de contacto**.
- **SUSPENSIÓN<sup>4</sup>:** este modo está constituido por partículas finas mantenidas en suspensión por los remolinos de la corriente y solo se asientan cuando la velocidad de la corriente disminuye, o cuando el lecho se hace más liso, la tendencia de asentamiento de la partícula es continuamente compensada por la acción difusiva del campo de flujo turbulento.

- **SALTACIÓN:** En este modo las partículas se mueven saltando y cayendo repetidamente al fondo del tubo siguiendo trayectorias balísticas, en parte soportadas por el fondo y en parte por el fluido; forma la **carga de saltación**.

Sobre este modo de transporte, Lee (1994), realiza un estudio detallado, proponiendo un modelo matemático con comprobación experimental, formulando expresiones para encontrar la longitud, altura del salto y velocidad de la partícula en función de la velocidad media del flujo.

- **LECHO DESLIZANTE: (sliding bed).** Este modo es particular del transporte de sedimentos sobre tubos o canales artificiales con superficies lisas, en el cual las partículas se mueven en conjunto una vez han alcanzado el fondo del tubo, sin formar un depósito estacionario de partículas. Se supone que la energía necesaria para mover el bloque de partículas es transmitida por fricción del fluido sobre la superficie del depósito, sin que la fricción, entre la superficie del tubo y las partículas sea suficiente para resistir el desplazamiento inducido por el fluido en movimiento.

- ✓ **UNIFORMIDAD DE LOS SEDIMENTOS.** Para cuantificar la uniformidad de los sedimentos es común usar la desviación estándar geométrica de los sedimentos  $\sigma_g$ , el coeficiente de uniformidad  $C_u$  y el coeficiente de contracción  $C_c$ , estos se describen en el numeral 4.3.

---

<sup>4</sup> <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s07.htm>

## DESCRIPCIÓN DEL PLOMO.

En la presente investigación se usó plomo como metal pesado, se seleccionó este metal porque tiene una densidad alta representativa de los metales pesados, no se oxida en contacto con el agua pudiéndose reutilizar y además por su bajo costo variable importante en nuestro medio. Este mineral se pulverizó en tamaños de pocos micrones (30 micrones) hasta 1000 micrones.

“El plomo es un metal blando, maleable y dúctil. Si se calienta lentamente puede hacerse pasar a través de agujeros anulares o troqueles. Presenta una baja resistencia a la tracción y es un mal conductor de la electricidad. Al hacer un corte, su superficie presenta un lustre plateado brillante, que se vuelve rápidamente de color gris azulado y opaco, característico de este metal.

Tiene un punto de fusión de 328 °C, y un punto de ebullición de 1.740 °C. Su densidad relativa es de 11,34, y 207,20 su masa atómica. El plomo reacciona con el ácido nítrico, pero a temperatura ambiente apenas le afectan los ácidos sulfúrico y clorhídrico. En presencia de aire, reacciona lentamente con el agua formando hidróxido de plomo, que es ligeramente soluble. Los compuestos solubles de plomo son venenosos. Aunque normalmente el agua contiene sales que forman una capa en las tuberías que impide la formación de hidróxido de plomo soluble, no es aconsejable emplear plomo en las tuberías de agua potable.

### 1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS

Tomando la definición general que se tiene para una mezcla<sup>5</sup>, esta se produce cuando dos o más sustancias puras se mezclan y no se combinan químicamente. Una mezcla puede ser separada en sus componentes (sustancias) simplemente por métodos físicos. Estas pueden ser clasificadas en heterogéneas y homogéneas.

- **Mezclas heterogéneas:** no son uniformes; en algunos casos, puede observarse la discontinuidad a simple vista (sal y carbón, por ejemplo); en otros casos, debe usarse una mayor resolución para observar la discontinuidad. El límite a partir del cual se distinguen los sistemas heterogéneos de los sistemas homogéneos lo constituye precisamente el ultramicroscopio. Los diferentes sistemas homogéneos que constituyen el sistema heterogéneo se denominan **fases**.
- **Mezclas homogéneas:** son totalmente uniformes (no presentan discontinuidades al ultramicroscopio) y presentan iguales propiedades y composición en todo el sistema, algunos ejemplos son la salmuera (agua

---

<sup>5</sup><http://www.unlu.edu.ar/~qui10017/Quimica%20COU%20muestra%20para%20IQ10017/Cap%A1tulo%20VIa.htm>

con sal), el aire, etc. Estas mezclas homogéneas se denominan **soluciones**.

Existen gran número de métodos para separar los componentes que forman una mezcla; en realidad, cada mezcla implicará el uso de uno o más métodos particulares para su separación en los componentes individuales.

Es de anotar que en el flujo de mezclas no es muy común usar los términos generalizados de heterogéneas y homogéneas, sino de sedimentables y no sedimentables, aunque es posible hacer la equivalencia ya que las homogéneas suelen tener comportamiento de no sedimentables y las heterogéneas de sedimentables<sup>6</sup>. Aunque una mezcla heterogénea en reposo es posible que se comporte como una mezcla homogénea en movimiento, especialmente en altas velocidades del flujo.

Las mezclas pueden tener variadas características dependiendo de las propiedades del fluido y los sólidos que los conforman. Para efectos prácticos, mezclas formadas por agua y sedimentos son clasificadas como mezclas *sedimentables* y *no sedimentables*. Duckworth (1978)<sup>7</sup> y Graf<sup>8</sup> (1971) han propuesto criterios para diferenciarlas.

#### 1.4 FACTORES A DETERMINAR

1.4.1 **Pérdida de energía.** Para la evaluación de la pérdida de energía se estima por medio del factor de fricción de la mezcla ( $f_m$ ) y el coeficiente de Chezy, ( $Ch$ ), modificado para dicha mezcla.

El factor de fricción de la mezcla se calcula con la ecuación de fricción de Darcy-Weisbach, dada como,

$$f_m = 8 \left( \frac{u_*}{V_m} \right)^2 \quad (1)$$

---

<sup>6</sup> H.J. Gómez Z., *Estudio del transporte hidráulico de mezclas agua-sólido en canales*. Universidad de Nariño. VIPRI, Pasto, Colombia, 2008.

<sup>7</sup> Duckworth, R.A. "The hydraulic transport of materials by pipeline". South African Mechanical Engineer (Johannesburg). 1978. vol. 28, no. 8, pages 291.306. [16 pp.]

<sup>8</sup> Graf, H. W. "*Hydraulics of Sediment Transport*". McGraw.Hill. New York. 1971. 513 pages [ISBN 07-023900-2]

Donde  $u^*$  es la velocidad de corte,  $V_m$  es la velocidad promedio de la mezcla. La velocidad de corte está dada como:

$$U_* = \sqrt{gR_H S_m} \quad (2)$$

En un canal,  $R_H$  es el radio hidráulico de la sección mojada correspondiente a la mezcla. En este caso el valor de  $U_*$  y  $V_m$ , pueden ser medidas en laboratorio, por lo tanto se obtendrá el valor del factor de fricción. Por otro lado, como se conocen las demás variables, se establece una relación funcional dimensional entre el factor de fricción y las variables independientes, Así:

Para mezclas *sedimentables* se propone cuantificar  $f_m$ , como:

$$f_m = f(R_H, V_m, \rho_f, \rho_s, \nu_f, d_s, \varepsilon, g, z, \beta, \theta, C, f_f, \sigma_g) = 0 \quad (3)$$

Donde los parámetros dimensionales son: Radio hidráulico del conducto ( $R_H$ ), Velocidad de la mezcla ( $V_m$ ), Densidad del fluido ( $\rho_f$ ), Densidad de la mezcla ( $\rho_m$ ), Viscosidad del fluido ( $\nu_f$ ), Viscosidad de la mezcla ( $\nu_m$ ), Densidad de los sólidos ( $\rho_s$ ), Tamaño de los sólidos ( $d_s$ ); Rugosidad del conducto ( $\varepsilon$ ). La constante dimensional es la aceleración de la gravedad ( $g$ ). Los parámetros adimensionales son el factor que define la forma de la partícula ( $z$ ), Factor que define la distribución de las partículas ( $\beta$ ), Inclinación del canal ( $\theta$ ), la concentración volumétrica de partículas ( $C$ ),  $f_f$  es el factor de fricción para agua limpia y  $\sigma_g$  es la desviación estándar geométrica de los sedimentos.

Para encontrar la relación funcional adimensional se aplica la técnica de análisis dimensional, usando el principio de Buckingham o teorema **PI**.

Partimos de la hipótesis que la teoría de la linealidad de la fricción es aplicable al flujo de mezclas, donde las pérdidas totales de energía es igual a la suma de las pérdidas individuales de cada componente de pérdida, de este modo es posible estimar las pérdidas de esta mezcla, con ecuación 4.

$$S_{mT} = S_1 + S_2 \quad (4)$$

Donde  $S_{mT}$  es la pendiente de la línea de energía cuando hay un flujo de una mezcla compuesta por mezclas sedimentables,  $S_1$  es la pendiente de la línea de energía cuando hay un flujo de una mezcla sedimentable y  $S_2$  es la pendiente de la línea de energía cuando hay un flujo de una mezcla no sedimentable. Una vez conociendo el

factor de fricción de la mezcla se puede calcular cada una de las pérdidas usando la ecuación (1) y (2), en relación con los demás parámetros del flujo.

La relación entre el factor de fricción, el coeficiente de Chezy ( $Ch$ ) y el coeficiente de Mannig  $n_m$ , está dado por las ecuaciones (5) y (6), respectivamente.

$$Ch = \sqrt{\frac{8g}{f_m}} \quad (5)$$

$$N_m = \frac{R_H^{1/6}}{\sqrt{\frac{8g}{f_m}}} \quad (6)$$

**1.4.2 Velocidad crítica de depósito.** La Velocidad crítica de depósito  $VCD$ , es la velocidad media de la mezcla que separa el flujo heterogéneo y el flujo con depósito, en otras palabras es la misma velocidad media a la cual se mueve la mezcla, medida en el momento que se produce un depósito incipiente en el fondo del canal. Esta velocidad se cuantifica usando el número adimensional denominado Número de Froude Densimetrítico ( $F_L$ ), el cual está dado como:

$$F_L = \frac{V_d}{\sqrt{8 * g * R_H * \Delta}} \quad (7)$$

Donde ( $V_d$ ) es la velocidad crítica de depósito, ( $\Delta$ ) es un parámetro adimensional de densidades, ( $\Delta = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w$ ), donde  $\gamma_s$  es el peso específico de los sólidos,  $\gamma_w$  es el peso específico del agua a temperatura de ensayo, ( $F_L$ ) de la ecuación (7) no ha sido determinado para canales abiertos, por lo tanto es necesario determinarlo experimentalmente, una vez se mida ( $F_L$ ) en laboratorio se establecerá la relación funcional adimensional a partir de la siguiente relación funcional dimensional:

$$F_L = f(R_H, V_m, \rho_f, \rho_s, \nu_f, d_s, \varepsilon, g, z, \beta, \theta, C) \quad (8)$$

Usando el análisis dimensional se establecerá la respectiva relación adimensional.

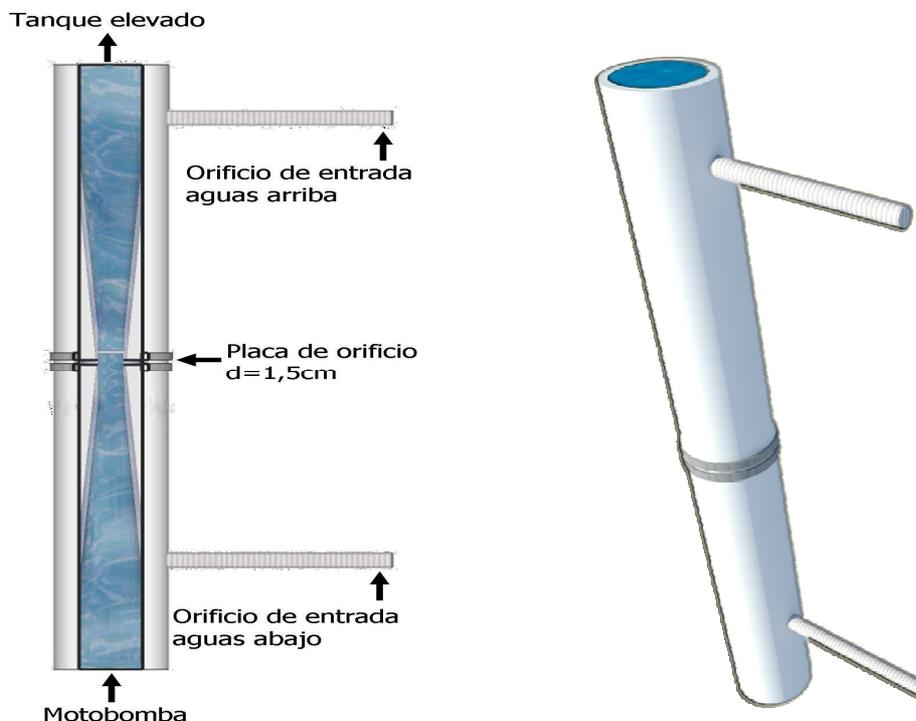
## 1.5 AFORO DEL CAUDAL LÍQUIDO CON ORIFICIO

En el desarrollo de esta investigación se usó diafragmas de orificio concéntrico o placas de orificio como método para calcular el caudal utilizado en la práctica de los ensayos efectuados.

**Principios de funcionamiento:** (Presión diferencial). La fórmula para el caudal para este tipo de funcionamiento se deduce de la aplicación del teorema de Bernoulli. Este teorema relaciona la energía cinética, la potencial y la presión de un fluido en diferentes puntos de la vena fluida. Mediante la interposición de un diafragma, se puede relacionar el cambio de velocidad y presión que experimenta el fluido con el caudal.

**Diafragma:** Consiste en una placa con un orificio que se interpone en la tubería. Como resultado de esta obstrucción existe una pérdida de carga, que es la que se mide por comparación con una sonda aguas arriba y otra aguas abajo de la instalación, en la **Figura 2** se observa las partes de este dispositivo. Este tipo de medidor es utilizado en tuberías donde se permita una gran pérdida de energía. El cambio de área que se genera al colocar el diafragma, provoca un estrangulamiento de la sección, lo que da lugar a un cambio de presiones antes y después del diafragma, cuyo valor determina el gasto en la sección.

Figura 2. Aforo de orificio



### Procedimiento aforo de manómetro de mercurio para medición de caudal líquido.

- a. Se prende la motobomba y purgar las mangueras conectadas al manómetro.
- b. Se coloca un recipiente aforado a la salida del canal para recibir el agua y esto sincronizado con un cronómetro, en el experimento se utilizó un recipiente con una capacidad de 18 litros, este proceso se puede observar en la **Figura 3**.
- c. Se toma tres datos de cada caudal y se anota la lectura del manómetro, en el cuadro 1 se describen los tiempos (segundos) en que se llena el recipiente.
- d. Se analiza los datos obtenidos mediante el aforo de caudal, consignados en el **Cuadro 1** de los cuales resulta una curva representativa de la medición del manómetro, la curva que se obtuvo se describe en la **Grafica 1** en la que se enfrentan como variable independiente la diferencia de niveles de mercurio (metros) y como variable dependiente el caudal de agua en ( $m^3/s$ ), obteniendo una ecuación que arrojada por Excel que describe el comportamiento de la curva (ecuación 13)

**Figura 3.** Aforo de Caudales



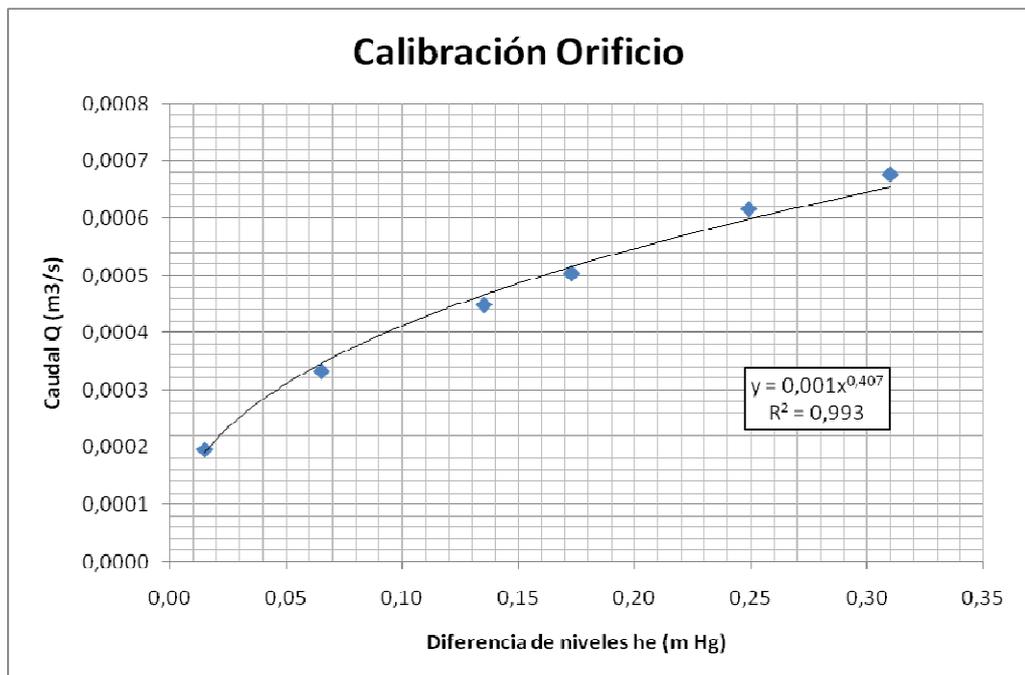
**Cuadro 1.** Calibración orificio para medir caudal

Datos iniciales	
Diámetro interno tubo	32,85 mm
Diámetro orificio	15 mm
Recipiente 5 galones	0,018 m <sup>3</sup> 18 L

Muestra No.	1	2	3	4	5	6
1	26,57	29,00	35,57	40,48	53,97	91,25
2	26,67	29,09	35,92	39,99	54,02	91,97
3	26,41	29,34	35,80	39,92	54,09	91,50
4	26,70	29,35	35,77	40,20	54,09	92,01
5	26,61	29,19	35,69	40,07	54,30	91,88
Tiempo prom.	<b>26,59</b>	<b>29,19</b>	<b>35,75</b>	<b>40,13</b>	<b>54,09</b>	<b>91,72</b>
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	<b>0,00068</b>	<b>0,00062</b>	<b>0,00050</b>	<b>0,00045</b>	<b>0,00033</b>	<b>0,00020</b>
Caudal (LPS)	<b>0,6769</b>	<b>0,6166</b>	<b>0,5035</b>	<b>0,4485</b>	<b>0,3328</b>	<b>0,1962</b>

h1 (m)	0,265	0,293	0,327	0,345	0,385	0,405
h2 (m)	0,575	0,542	0,500	0,480	0,450	0,420
Diferencia (m)	<b>0,31</b>	<b>0,25</b>	<b>0,17</b>	<b>0,14</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>

**Gráfica 1.** Curva de calibración Placa de Orificio



## 1.6 REGRESIÓN LINEAL MULTIPLE VARIABLE

El objeto de un análisis de regresión es investigar la relación estadística que existe entre una variable *dependiente* ( $y$ ) y una o más variables *independientes* ( $X_1, X_2, X_3, \dots$ ). Para poder realizar esta investigación, se debe postular una relación funcional entre las variables.

Tratar de explicar el comportamiento de  $Y$  con más de una variable predictiva usando una función lineal. El modelo de regresión lineal múltiple con  $p$  variables predictivas y basado en ( $n$ ) observaciones tomadas es de la forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi} + e_i \quad (9)$$

Para  $i = 1, 2, \dots, n$ . Escribiendo el modelo para cada una de las observaciones, éste puede ser considerado como un sistema de ecuaciones lineales de la forma:

$$\begin{aligned} y_1 &= \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{21} + \dots + \beta_p x_{p1} + e_1 \\ y_2 &= \beta_0 + \beta_1 x_{12} + \beta_2 x_{22} + \dots + \beta_p x_{p2} + e_2 \\ &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ y_n &= \beta_0 + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \dots + \beta_p x_{pn} + e_n \end{aligned} \quad (10)$$

Que puede ser escrita en forma matricial como:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ e_n \end{bmatrix} \quad (11)$$

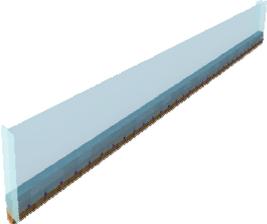
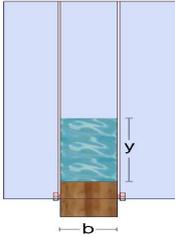
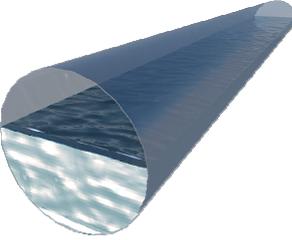
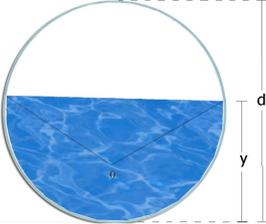
Donde  $(y)$  es un vector columna  $n$  dimensional,  $(X)$  es una matriz  $n \times p$ ,  $(\beta)$  es el vector de coeficientes de regresión a ser estimados con dimensión  $p$  y  $(e)$  es un vector columna aleatorio de dimensión  $n$ .

## 1.7 ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE SECCIONES DE CANALES

Para la presente investigación se propone usar secciones de canal rectangular y circular, se expone a continuación los parámetros geométricos de estas secciones:

- Área hidráulica ( $A_c$ ): es el área de la sección transversal del flujo.
- Perímetro mojado ( $P$ ): es la longitud de la línea que es la interface entre el fluido y el contorno del canal.
- Radio hidráulico ( $R_H$ ): es la relación entre el área hidráulica y el perímetro mojado  $R_H=A_c/P$ .

**Cuadro 2.** Elementos geométricos de secciones de canales.

Tipo de canal		Área ( $A_c$ )	Perímetro mojado ( $P$ )
		$A_c = y \cdot b$	$P = 2y + b$
		$A_c = \frac{d^2}{8}(\theta - \text{sen}\theta)$	$P = \frac{\theta d}{2}$

## 2. CONSTRUCCIÓN Y ADECUACIÓN DEL MONTAJE EXISTENTE

### 2.1 ADECUACIÓN DE DISPOSITIVOS AL INICIO DE LOS CANALES

Para la unión entre caudales sólido y líquido. Se coloca los dispositivos que se muestran las **Figuras 4, 5 y 6** para evitar asentamiento del caudal sólido en el momento que se unen los caudales.

**Figura 4.** Dispositivo para arena en canal circular.



**Figura 5.** Dispositivo para plomo y mezcla en canal circular.



**Figura 6.** Dispositivo para arena, plomo y mezcla en canal rectangular.



## 2.2 ADECUACIÓN DEL DOSIFICADOR DE SÓLIDOS

Fue necesario hacer adecuaciones en la tolva de dosificación de sólidos realizando la adaptación de una cinta métrica como se muestra en la **Figura 7**.

**Figura 7.** Adaptaciones en la tolva.



## 2.3 INSTALACIÓN CINTA MÉTRICA A LO LARGO DEL CANAL

Instalación de cinta métrica a largo del canal y posterior elaboración e instalación de una regla en forma vertical con el fin de medir la pendiente del canal en cualquier momento del ensayo, utilizando diferencia de alturas entre dos puntos

(inicio del canal y lugar en que se hace la filmación de los videos), la instalación se muestra en la **Figura 8**.

**Figura 8.** Instalación de cinta métrica y regla.



#### **2.4 BASE PARA CÁMARA DE VIDEO**

Para mayor precisión en la recolección de datos es necesario colocar niveles en el canal y en la regla, además de una base para asegurar la cámara de video, las adecuaciones se muestran en la **Figura 9**.

**Figura 9.** Base para cámara de video.



## **2.5 ASEGURAMIENTO DE PARTES DEL MONTAJE**

También fue necesario rectificar que todas las partes que conforman el montaje estén aseguradas y en la posición correcta para que haya un adecuado funcionamiento del equipo y para seguridad de las personas que operan el sistema, como se muestra en la siguiente **Figura 10**.

**Figura 10.** Aseguramiento de partes del montaje.



## 2.6 DOSIFICADORES PARA PLOMO.

Se elaboran dosificadores para que haya un caudal sólido uniforme con todos los tamaños de plomo utilizados, el dosificador de muestra en la **Figura 11**, los valores obtenidos se describen en el **Cuadro 6**.

**Figura 11.** Dosificadores para plomo.



## 2.7 MALLA ELABORADA DE TELA

Elaboración de mallas de tela para la recolección del material utilizado, se hace necesario su utilización al final de los canales de ensayo, en la **Figura 12** se muestra la recolección del material, en la **Figura 13** se observan las mallas para cada tipo de muestra.

**Figura 12.** Recolección del material utilizado.



**Figura 13.** Mallas de tela para recolección de plomo.



### 3. ADECUACION DE CANALES

#### 3.1 MONTAJE DEL CANAL CIRCULAR EN LA VIGA-SOPORTE

Para el montaje se procedió con los siguientes pasos:

- Se aplica silicona para juntas de expansión en los bordes de la cámara de entrada y se coloca la tapa de acrílico fijándola con tornillos y así se reparte la silicona por toda la superficie de contacto.
- Se colocan los tubos de vidrio y para unirlos se ponen bandas de neumáticos.
- Se aseguran los tubos con abrazaderas de aluminio estas atornilladas a la viga de soporte como se muestra en la **Figura 14**.

**Figura 14.** Adecuación canal circular.

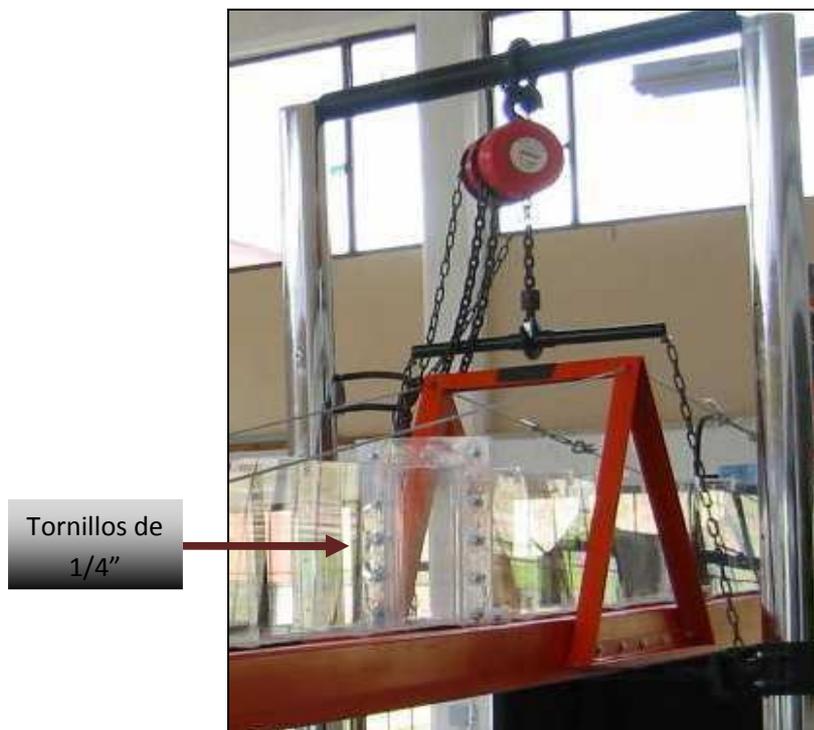


#### 3.2 MONTAJE DEL CANAL RECTANGULAR 5CM EN LA VIGA-SOPORTE

- Se aplica silicona para juntas de expansión en los bordes de la cámara de entrada y se coloca la primera parte del canal (la que tiene la tapa en acrílico) se fija con tornillos y así se reparte la silicona por toda la superficie de contacto realizándose un sello hermético.

- Después se unen las secciones de acrílico con tornillos de  $\frac{1}{4}$  de pulgada como se indica en la **Figura 15**, posteriormente se realiza un sellado con silicona.
- Se acopla las otras partes del canal en acrílico se aseguran por medio de tornillos y silicona para su sellado.
- Para impedir un desplazamiento horizontal y vertical del canal rectangular 5 cm se aseguran las costillas de refuerzo en las secciones de acrílico por medio de platinas angulares en acrílico de 3 cm. x 3 cm.
- Para finalizar se centra el canal para evitar eventuales desvíos que afecten las mediciones y se repasan nuevamente las uniones con silicona.

**Figura 15.** Adecuación canal rectangular.



### 3.3 NIVELACIÓN CANAL CIRCULAR

Tanto el canal circular como rectangular están compuestos de tres tramos, esto crea la necesidad de rectificar la pendiente para que sea uniforme a lo largo de todo el canal, en la **Figura 16** se muestra la nivelación del canal rectangular.

**Figura 16.** Nivelación de canal.



## 4. ENSAYOS DE SUELOS Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Se realiza estos ensayos para determinar los rangos de tamaños de sedimentos estipulados en el proyecto.

### 4.1 DENSIDAD

Es la masa de un cuerpo por unidad de volumen.

Como los materiales empleados en el proyecto tienen una densidad mayor a la del agua utilizamos el principio de Arquímedes para determinar su densidad:

Se determina primero su masa en una balanza, y después su volumen; éste se puede calcular sumergiéndolo en un recipiente. La densidad es el resultado de dividir la masa por el volumen.

### 4.2 PESO ESPECÍFICO

El peso específico de una sustancia es el peso de la unidad de volumen.

Se obtiene dividiendo un peso conocido de la sustancia entre el volumen que ocupa.

**Principio de Arquímedes.-** Ley física que establece que cuando un objeto se sumerge total o parcialmente en un líquido, éste experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del líquido desalojado. El concepto clave de este principio es el 'empuje', que es la fuerza que actúa hacia arriba reduciendo el peso aparente del objeto cuando éste se encuentra en el agua.

#### **Procedimiento.**

- Tomar medidas de los pesos en el aire (**W<sub>aire</sub>**) de cada uno de los sólidos suspendidos por sí solos sobre el plato de la balanza de precisión, los datos obtenidos se anotan en la columna 1 del cuadro 3, el proceso se muestra en la **Figura 17**.

**Figura 17.** Peso en el aire del plomo.



- En un vaso tomamos un volumen cualquiera de agua para posteriormente introducir cada uno de los sólidos suspendidos del gancho de la balanza mediante un pedazo de hilo de tal manera que los cuerpos se sumerjan y queden suspendidos dentro del agua para medir su peso aparente ( $W_{sum}$ ), los datos obtenidos se anotan en la columna 2 del cuadro 3.
- Se hace la diferencia entre el valor del peso en el aire ( $W_{aire}$ ) y el peso sumergido ( $W_{sum}$ ), lo dividimos por la densidad del agua, de esta manera se obtiene el volumen del material ( $Vol$ ), los datos obtenidos se anotan en la columna 3 del cuadro 3.
- Se divide el valor del peso en el aire ( $W_{aire}$ ) entre el volumen del material ( $Vol$ ) y obtenemos la densidad del sólido ( $\rho_s$ ), los datos obtenidos se anotan en la columna 4 del cuadro 3.
- Finalmente se multiplica el valor de la densidad del sólido por el valor de la gravedad ( $9.8m/s^2$ ), así obtenemos el peso específico de los agregados ( $\gamma$ ), los datos obtenidos se anotan en la columna 5 del cuadro 3.

**Cuadro 3.** Densidad y peso específico de agregados

	1	2	3	4	5
<b>Material</b>	<b>Waire (Kg)</b>	<b>Wsum (Kg)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ρ (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>γ (N/m<sup>3</sup>)</b>
Arena gruesa	0,10009	0,06198	3,816 x10 <sup>-5</sup>	2623,09	25706,25
Arena media	0,10007	0,06213	3,799 x10 <sup>-5</sup>	2634,31	25816,27
Arena fina	0,10005	0,06217	3,793 x10 <sup>-5</sup>	2637,96	25852,00
Plomo	0,05000	0,04458	5,427 x10 <sup>-5</sup>	9213,65	90293,75

	1	2	3	4	5	
<b>Mezcla</b>	<b>Waire (Kg)</b>	<b>Wsum (Kg)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ρ (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>γ (N/m<sup>3</sup>)</b>	
M1	Gruesa 5%	0,10008	0,06623	3,390 x10 <sup>-5</sup>	2952,63	28935,62
	Gruesa 15%	0,10005	0,07238	2,770 x10 <sup>-5</sup>	3611,66	35394,37
	Gruesa 30%	0,10005	0,07833	2,175 x10 <sup>-5</sup>	4600,26	45082,50
M2	Media 5%	0,10000	0,06630	3,375 x10 <sup>-5</sup>	2963,27	29040,15
	Media 15%	0,10007	0,07247	2,763 x10 <sup>-5</sup>	3621,21	35487,90
	Media 30%	0,10005	0,07837	2,171 x10 <sup>-5</sup>	4608,11	45159,52
M3	Fina 5%	0,10004	0,06636	3,372 x10 <sup>-5</sup>	2966,75	29074,09
	Fina 15%	0,10003	0,07246	2,760 x10 <sup>-5</sup>	3624,31	35518,26
	Fina 30%	0,10005	0,07838	2,170 x10 <sup>-5</sup>	4610,67	45184,52

### 4.3 ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA

El análisis granulométrico tiene como objetivo la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

Se realiza el ensayo de granulometría para los rangos de tamaños de sedimentos estipulados en el proyecto.

Se hace el ensayo de granulometría para agregados según (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS: 1998) I.N.V. E – 213 y otras referencias correspondientes:

- ASTM C-136
- AASHTO T-27
- NLT - 150
- Norma Icontec 77

#### Equipo

- Balanza de precisión, con sensibilidad de 0.1%.
- Tamices de malla cuadrada seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.

- Bandejas.
- Recipientes.

### Procedimiento

- Se seleccionó para cada material un muestra representativa para obtener esto se realizó un cuarteo de cada uno de los materiales, cada material se pone a secar al horno por 24 horas. Se deja enfriar y se pesa la cantidad requerida.
- Se selecciona un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones de los materiales a ensayar. Que varíen desde los diámetros mayores arriba hasta los diámetros inferiores abajo así (No 3/8, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200, pasante 200) se realiza el tamizado a mano, durante un tiempo adecuado, en la **Figura 18** se muestra la serie utilizada para la granulometría de plomo.
- El material retenido en cada tamiz es pesado en una balanza de precisión luego se suma todos los pesos y el valor total no debe diferir de la muestra inicial en más de 0.3%.

**Figura 18.** Serie de tamices utilizados en granulometrías.



### Cálculo y resultados

A partir de la granulometría se puede cuantificar la uniformidad de los sedimentos, desviación estándar geométrica ( $\sigma_g$ ), el coeficiente de uniformidad  $C_u$  y el coeficiente de uniformidad  $C_c$ , los cuales se describen a continuación.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR GEOMÉTRICA DE LOS SEDIMENTOS ( $\sigma_g$ ) Esta relaciona los diámetros  $d_{84}$ ,  $d_{16}$  y  $d_{50}$ , como  $\sigma_g = d_{84}/d_{50} \approx d_{84}/d_{16} \approx d_{50}/d_{16}$ , si su valor es mayor 1.3 el sedimento es no uniforme.

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD ( $C_u$ ). Su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta, los suelos con  $C_u < 3$  se consideran muy uniformes; aun las arenas naturales muy uniformes rara vez tienen un  $C_u > 2$ .  $C_u = d_{60}/d_{10}$ .

COEFICIENTE CONTRACCIÓN ( $C_c$ ) La contracción de un suelo es la cualidad que determina su cambio de volumen cuando cambian las **condiciones de humedad**. Algunos suelos se contraen cuando están secos y se dilatan cuando están mojados, el coeficiente de contracción se calcula con la siguiente ecuación:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}} \quad (12)$$

El cambio de volumen de la masa de suelo depende de la magnitud del cambio de la humedad y de la cantidad y la clase de arcilla presente en el suelo.

En el **Anexo A** se muestra el análisis y la curva granulométrica de cada material utilizado en laboratorio, en el **Cuadro 4** se anota un resumen de los tres anteriores parámetros y los respectivos diámetros o tamaños por debajo del cual queda el n% de material sólido en peso, obtenidos de las curvas granulométricas.

Ejemplo:  $D_{10}$  = el diámetro o tamaño por debajo del cual queda el 10% del suelo, en peso.

**Cuadro 4.** Resumen de parámetros obtenidos de las curvas granulométricas.

Material	Clase										
		D <sub>10</sub>	D <sub>16</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>60</sub>	D <sub>84</sub>	C <sub>U</sub>	C <sub>C</sub>	$\sigma_g$	
ARENA	Muestra I	2,10	2,20	2,26	<b>2,30</b>	2,51	3,75	1,195	0,969	1,630	1,045
	Muestra II	1,40	1,51	1,62	<b>1,75</b>	1,89	2,10	1,350	0,992	1,200	1,159
	Muestra III	0,41	0,43	0,49	<b>0,69</b>	0,78	0,88	1,902	0,751	1,275	1,605
PLOMO	Muestra I	0,37	0,38	0,40	<b>0,44</b>	0,47	0,53	1,270	0,920	1,205	1,158
	Muestra II	0,16	0,17	0,18	<b>0,20</b>	0,21	0,25	1,313	0,964	1,250	1,176
	Muestra III	2,35	2,45	2,60	<b>3,10</b>	3,50	4,40	1,489	0,822	1,419	1,265
MEZCLA	Muestra I, Concentración 5%	2,20	2,25	2,30	<b>2,85</b>	3,15	4,30	1,432	0,763	1,509	1,267
	Muestra I, Concentración 15%	2,18	2,21	2,40	<b>2,80</b>	3,10	4,20	1,422	0,852	1,500	1,267
	Muestra I, Concentración 30%	1,90	2,10	2,45	<b>2,70</b>	2,95	4,10	1,553	1,071	1,519	1,286
	Muestra II, Concentración 5%	1,20	1,55	1,70	<b>1,84</b>	1,94	2,40	1,617	1,241	1,304	1,187
	Muestra II, Concentración 15%	1,10	1,50	1,60	<b>1,82</b>	1,92	2,20	1,745	1,212	1,209	1,213
	Muestra II, Concentración 30%	1,00	1,40	1,55	<b>1,80</b>	1,90	2,10	1,900	1,264	1,167	1,286
	Muestra III, Concentración 5%	0,47	0,52	0,59	<b>0,72</b>	0,79	0,92	1,681	0,938	1,278	1,385
	Muestra III, Concentración 15%	0,46	0,51	0,58	<b>0,70</b>	0,77	0,90	1,674	0,950	1,286	1,373
	Muestra III, Concentración 30%	0,45	0,49	0,57	<b>0,69</b>	0,75	0,89	1,667	0,963	1,290	1,408

#### 4.4 DOSIFICADOR DE SÓLIDOS

Se calibra el dosificador de sólidos para cada tipo de material, con aberturas diferentes con el fin de que el suministro de material sea igual o aproximado con los tres diferentes tipos de arena.

##### Procedimiento para arena y mezcla:

- Llenado de la tolva con material.
- Graduación de la compuerta del dosificador a una altura conocida.
- Instalación de un recipiente a la salida del material para recolectarlo.
- Inicio del cronómetro en cero.
- Encendido del dosificador de sólidos y activación del cronómetro.
- Se deja pasar 30 segundos, se detiene el cronómetro y se apaga el dosificador.
- El material recolectado en el recipiente es pesado y registrado junto con el tiempo.
- Se realiza cinco tomas de datos, de estos se escogen tres y se saca un promedio; este es el valor de caudal sólido en [gr/seg] de cada material, los resultados se describen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 5.** Valores de caudal sólido para arena y mezcla.

Tipo de Material	Abertura [cm]	Tiempo [seg]	Peso [gr]	Peso/Tiempo [gr/seg]	Promedio [gr/seg]
Gruesa	43	30	2244	74,8	74,75
			2246	74,9	
			2238	74,6	
Media	42		2291	76,4	76,42
			2295	76,5	
			2292	76,4	
Fina	33		2214	73,8	73,83
			2216	73,9	
			2215	73,8	

### Procedimiento para plomo:

- Graduación del dosificador a un diámetro conocido.
- Instalación de un recipiente a la salida del material para recolectarlo.
- Inicio del cronómetro en cero.
- Se deja caer libremente el material en un recipiente.
- Se deja pasar 30 segundos se detiene el cronómetro y se apaga el dosificador.
- El material recolectado en el recipiente es pesado y registrado junto con el tiempo.
- Se realiza cinco tomas de datos, de estos se escogen tres y se saca un promedio; este es el valor de caudal sólido en [gr/seg] de cada material, los resultados se describen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 6.** Valores de caudal sólido para plomo.

Tipo de Material	Diámetro [cm]	Tiempo [seg]	Peso [gr]	Peso/Tiempo [gr/seg]	Promedio [gr/seg]
Gruoso	0.81	30	3,54	0,118	0,118
			3,57	0,119	
			3,51	0,117	
Medio	0.65		4,54	0,151	0,150
			4,48	0,149	
			4,48	0,149	
Fino	0.47		3,74	0,125	0,124
			3,7	0,123	
			3,72	0,124	

## 5. PROCEDIMIENTO PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

**A. Cantidad de ensayos:** Para conocer el número de tratamientos se realizó un diseño factorial  $2^k$  usado cuando el objetivo es medir cómo influyen  $k$  factores en un proceso y descubrir si interaccionan entre ellos, este diseño permite explorar una zona escogida de un dominio experimental y encontrar una dirección para su posterior optimización.

Este diseño utiliza  $k$  factores, cada uno con dos niveles. En nuestro caso estos niveles son cualitativos "máximo" y "mínimo", además se utilizan puntos al centro o valor "medio" y 2 bloque o replicas para arena, 2 para plomo y 3 para mezcla (arena plomo).

Arena	$k = 2$ , cuatro puntos al centro y en dos bloques
Plomo	Es decir $(2^2+4) \times 2 = 16$
Mezcla	$k = 2$ , tres puntos al centro y en tres bloques Es decir $(2^2+3) \times 3 = 21$

Donde 2 = número de niveles que toma cada factor;  $k$  = número de factores, con el que cubre todas las posibles combinaciones de niveles en los factores.

Por consiguiente en cada canal se realizaron 16 tratamientos con arena, 16 tratamientos con plomo y 21 con mezcla (plomo – arena) por lo tanto fue necesario realizar 53 tratamientos para cada canal.

**B. Desarrollo de los experimentos:** Se mide las variables necesarias para determinar la velocidad crítica de depósito y la pérdida de energía.

Para lograr la variación de cada uno de los factores, se eligen Las variables manipulables siguientes:

**Cuadro 7.** Factores que varían en el diseño experimental.

<b><math>Q_L</math></b> del agua	[m <sup>3</sup> /s]	Caudal del agua. El cual hará variar el número de Manning
<b><math>d_{50}</math></b> mezcla	[mm]	Diámetro por el cual pasa el 50 % en la granulometría, el cual hace variar $d'_{50}$ .
<b><math>C_{pb}</math></b>	[-]	Concentración de plomo en la arena (solo para mezclas)

La variación de los factores para cada material se muestran en el Anexo B, los cuales toman los siguientes valores: (1.0) significa que el factor toma el valor máximo, (-1.0) significa que el factor toma el valor mínimo y (0.0) significa que el factor toma el valor medio. Para la mezcla es necesario hacer combinaciones de la arena M1, M2 y M3 con tres concentraciones de 5-15-30% de plomo.

### 5.1 VARIABLES A CUANTIFICAR

1. Profundidad de la lámina de mezcla en el canal, ( $h_m$ ).
2. Caudal de la mezcla, ( $Q_m$ ).
3. Lectura manómetro diferencial para cálculo de caudal líquido ( $Q_L$ ).
4. Pendiente del canal, ( $S$ ).
5. Temperatura de la mezcla, ( $T_m$ ).

En el Anexo B se muestran estas variables y otras que son necesarias en el desarrollo de la investigación, esto para cada tipo de canal y material, la obtención de estos valores se muestran en el numeral 5.3.

### 5.2 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE DATOS

Para la toma de mediciones de la pérdida de energía y la velocidad de depósito, se realiza los experimentos con flujo permanente, a continuación se hace un seguimiento del primer ensayo realizado con mezcla agua, arena y plomo, los pasos se repiten de manera similar para todos los ensayos.

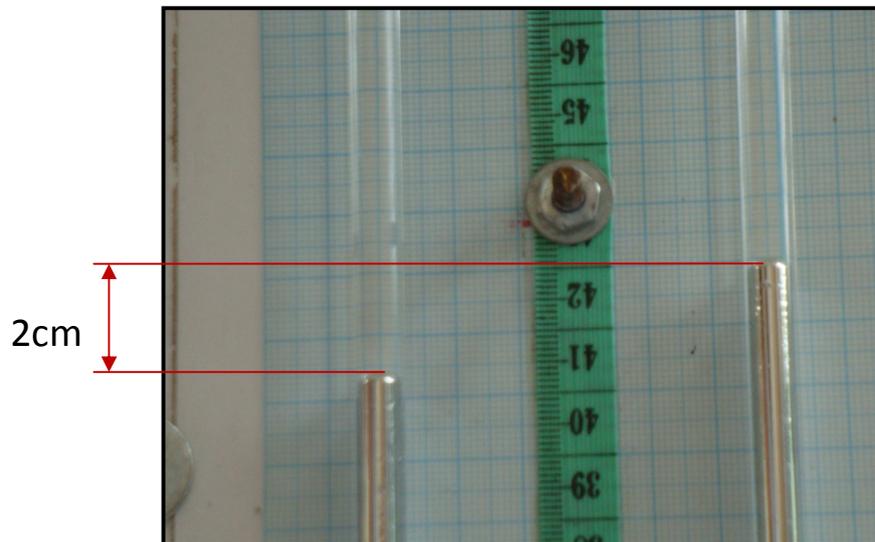
1. Calibrar la abertura de salida de dosificador de sólidos y colocar sedimentos en el mismo.
2. Prender a bomba hasta que el flujo se estabilice y establecer el caudal de ensayo con la válvula de salida de la bomba.

3. Escribir los datos constantes en el tablero de mediciones como son: temperatura del agua en el ensayo, abertura del dosificador para caudal sólido, diferencia de alturas en el manómetro, tipo de muestra de sedimento,  $d_{50}$ , longitud horizontal del canal, peso específico del agregado y la ecuación para caudal líquido obtenida a partir del proceso indicado en el inciso **d**, numeral **1.5**, comportamiento de la curva de **Gráfica 1**. (curva de calibración placa de orificio, pág. 28)
  
4. Realizar un registro fotográfico del tablero con los datos y el manómetro en U como se muestra en la **Figura 19 y 20** respectivamente.

**Figura 19.** Tablero de mediciones con datos constantes del ensayo.

<b>Canal Circular (Mezcla)</b>	
<b>ENSAYO No. 1</b>	
Temperatura ( $^{\circ}$ T):.....	16.4 $^{\circ}$ C
Diámetro Dosificador ( $\phi$ d):.....	4cm
Caudal Sólido ( $Q_s$ ):.....	74,75 gr/s
Diferencia de Alturas:.....	2cm
Tipo de Muestra:.....	M1 (gruesa)
$D_{50}$ :.....	0,27cm
Longitud Horizontal:.....	351cm
Peso Específico:.....	4.600gr/cm <sup>3</sup>
Caudal Líquido ( $Q_L$ ):.....	0,001 $\times^{0,407}$

**Figura 20.** Registro fotográfico del manómetro de mercurio en U con caudal mínimo.



El dato que se lee es la diferencia de alturas de mercurio, este dato es consignado en el tablero de mediciones y sirve como valor para determinar el caudal líquido del ensayo.

5. Colocar el canal con la pendiente máxima tal como se muestra en la Figura 21.

**Figura 21.** Canal con pendiente máxima.



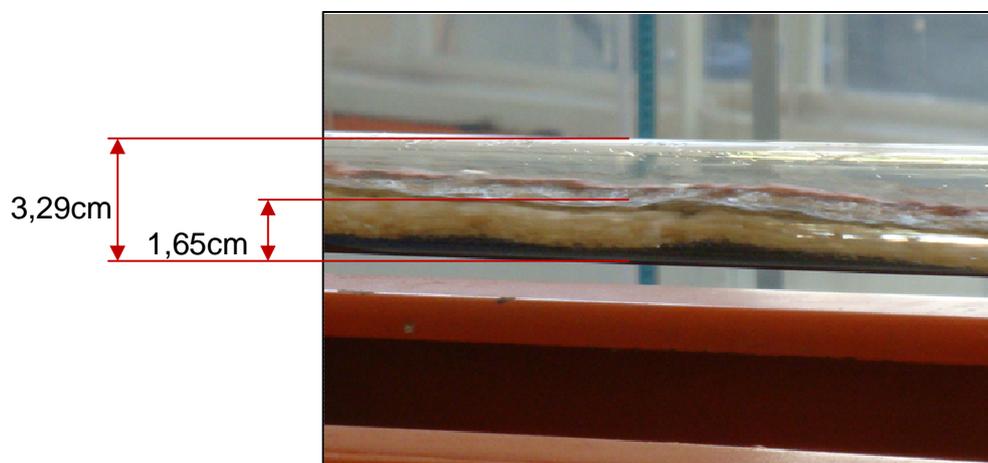
6. Encender el dosificador de sólidos, para una determinada concentración.
7. Verificar que las partículas de sedimento viajen en suspensión.
8. Colocar la cámara de video en la sección de medición e iniciar la grabación.
9. Subir el canal lentamente con ayuda del diferencial hasta la posición horizontal o hasta que el tubo entre a trabajar a flujo completamente lleno, el proceso se muestra en la **Figura 22**.

**Figura 22.** Realización del ensayo



10. Detener la grabación del video, en la **Figura 23** se muestra el momento en que se presenta la sedimentación del material y por consiguiente se detiene la grabación. Colocar en una carpeta la información del video de cada experimento y las fotos correspondientes.

**Figura 23.** Momento en que se detiene la grabación.



11. Obtener el nivel de la mezcla en el canal, de la figura 23 se obtiene este valor, el procedimiento a seguir es importar la imagen al programa Autocad acotar la distancia de altura del nivel de la mezcla, el valor del diámetro del tubo es conocida previamente.

### 5.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

12. Caudal líquido ( $Q_L$ ) ecuación obtenida a partir del proceso indicado en el inciso **d**, numeral **1.5**, comportamiento de la curva de **Gráfica 1**. (curva de calibración placa de orificio, pág. 28)

$$Y = 0,001 * X^{0,407} \quad (13)$$

- Y: Caudal líquido ( $m^3/seg.$ )  
 X: Diferencia del nivel de mercurio en el manómetro diferencial (cm de Hg).

- Caudal sólido ( $Q_s$ ) se calcula como sigue:

$$Q_s = \frac{D_s}{\gamma_s} \quad (14)$$

- $Q_s$ : Caudal Sólido refiriéndose a los tres tipos de sólidos que se usaron en la investigación: arena, plomo y mezcla arena-plomo. ( $m^3/seg$ )  
 $D_s$ : Dosificación de sólidos se establece en los cuadros 4 y 5 (gr/seg)  
 $\gamma_s$ : Peso específico del sólido en el cuadro 3 ( $gr/cm^3$ )

- Caudal de la mezcla ( $Q_m$ ) se obtiene de la siguiente manera:

$$Q_m = Q_s + Q_L \quad (15)$$

A continuación se indican las fórmulas utilizadas en el proceso matemático para encontrar la velocidad de depósito y la pérdida de energía de mezclas, los valores que se obtienen a partir de estas fórmulas están registrados en el Anexo C.

- Concentración volumétrica de sólidos refiriéndose a los tres tipos de sólidos que se usaron en la investigación: arena, plomo y mezcla arena-plomo ( $C$ ) se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q_s}{Q_m} * 100$$

C: Concentración (%)

(16)

El proceso y los valores de caudal sólido se muestran en el numeral 4.4

- Densidad del agua ( $\rho_w$ )

$$\rho_w = 10^{-5} * T^3 - 0.0055 * T^{0.0002} * T + 1000.08$$

(17)

T: Temperatura del agua

- Densidad de sólidos ( $\rho_s$ ) tomado de la Tabla 3.
- Densidad de una mezcla compuesta por metal pesado, arena y agua ( $\rho_{SM}$ )

$$\rho_{SM} = C_M \rho_M + C_S \rho_s + (1 - C_M - C_S) \rho_w$$

[18]

Donde,  $C_M$  es la concentración en volumen de metal en la muestra total,  $\rho_{SM}$  es la densidad de la mezcla fluido-sólido-metal,  $\rho_w$  es la densidad del fluido sin sedimentos,  $\rho_M$  es la densidad del metal y  $\rho_s$  es la densidad de las partículas de sedimentos.

- Viscosidad cinemática del agua ( $\nu_w$ )

$$\nu_w = \frac{1.792 * 10^{-6}}{1 + 0.0337 * T + 2.21 * 10^{-4} * T^2}$$

(19)

- Viscosidad cinemática de la mezcla ( $\nu_m$ )

$$\nu_m = \frac{2 * \nu_w}{2 - 3 * C}$$

(20)

- Gravedad Específica de los Sólidos ( $S_s$ )

$$S_s = \frac{\rho_s}{1000}$$

(21)

- Gravedad específica sumergida (Parámetro adimensional de densidades) ( $\Delta$ )

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \quad (22)$$

El valor de la densidad de sólidos depende del material utilizado, en el cuadro 3 se anota el valor que se debe tomar según sea el caso: arena, plomo o mezcla (arena – plomo).

- Diámetro de partícula de sedimento o sólido transportado ( $d^*$ ).

$$d^* = \left( \frac{\Delta^* g}{v_w^2} \right)^{1/3} \cdot d_{50} \quad (23)$$

- Diámetro adimensional de partículas afectadas por la mezcla ( $d^{*'}).$

$$d^{*'} = \left( \frac{(1-C)^* (2-3C)^{2/4}}{1-C^* \Delta} \right)^{1/3} \cdot (d^*) \quad (24)$$

La concentración  $C$  se calcula con la ecuación No. 16.

- Número de Reynolds de partícula individual ( $R_S$ ).

$$R_S = \left( \sqrt{25 + 1.2d^{*2}} - 5 \right)^{1.5} \quad (25)$$

- Número de Reynolds de partículas afectadas por la mezcla ( $R_M$ ).

$$R_M = \left( \sqrt{25 + 1.2d^{*2}} - 5 \right)^{1.5} \quad (26)$$

- Exponente del efecto de la concentración sobre la velocidad de asentamiento de las partículas ( $n$ ).

$$n = \frac{\ln\left(\frac{2-2C}{2-3C}\right) + \ln\left(\frac{R_M}{R_S}\right)}{\ln(1-C)} \quad (27)$$

Donde  $n$  es un exponente, que para hallar su valor Richardson-Saki (1954), con base al análisis dimensional, ha sugerido que dicho exponente depende del número de Reynolds de la partícula.

- Velocidad de partícula individual ( $V_S$ ).

$$V_S = \frac{R_S * v_W}{d_{50}} \quad (28)$$

- Ecuación de Richardson-Zaki (1954) para velocidad de asentamiento de partículas afectadas por la mezcla ( $V_{SM}$ ).

$$V_{SM} = V_S * (1 - C)^n \quad (29)$$

Limitada para mezclas muy diluidas, con partículas de un solo tamaño, sin embargo la ecuación (29) ha sido usada por varios autores por su simplicidad, pero dando diferentes valores de  $n$  para cada relación.

- Coeficiente de arrastre de partículas individual, Cheng (1997a) proporciona la siguiente ecuación ( $C_D$ ), valida en zona de flujo laminar o régimen de Stokes.

$$C_D = \left( \left( \frac{32}{R_S} \right)^{2/3} + 1 \right)^{3/2} \quad (30)$$

- Coeficiente de arrastre de partículas afectadas por la mezcla, Cheng (1997b) proporciona la siguiente ecuación ( $C'_D$ ).

$$C'_D = \left( \left( \frac{32}{R_M} \right)^{2/3} + 1 \right)^{3/2} \quad (31)$$

Las ecuaciones (30) y (31) dependen del número de Reynolds, por tanto para definir el régimen de cada ecuación se basó en las regiones de flujo que suceden para los números de Reynolds:

- **Región de flujo laminar**, sucede para números de Reynold bajos menores que 1.
  - **Región de transición**, suele suceder entre los números de Reynolds comprendidos entre 1 y  $10^3$ .
  - **Región turbulenta**, se produce para elevados números de Reynolds, mayores de  $10^3$ .
- Angulo geométrico ( $\theta$ ) solo para sección circular.

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left[ 1 - \frac{2y}{d_0} \right] \quad (32)$$

$y$ : Altura de lámina de agua  
 $d_0$ : Diámetro del tubo

- Los elementos geométricos de secciones de canales como son perímetro ( $P$ ) y área mojada ( $A_c$ ) se obtienen del cuadro 2.
- Radio hidráulico ( $R_H$ ) se calcula así:

Canal Circular

$$R_H = \frac{d_0 (\theta - \text{sen} \theta)}{4 \theta} \quad (33)$$

Canal rectangular

$$R_H = \frac{A_c}{P} \quad (34)$$

- Velocidad crítica de depósito ( $V_c$ ) con la ecuación de Camp-Shields.

$$V_c = \left[ \frac{8 * k * (\gamma - 1) * g * d}{f_m} \right]^{0.5} \quad (35)$$

$d$ : diámetro de partícula  
 $g$ : gravedad  
 $f_m$ : factor de fricción de Darcy-Weisbach

$k$ : constante empírica que toma valores entre 0.04 y 0.8 según diagrama de Shields<sup>9</sup>.

$\gamma$ : gravedad específica del sedimento.

- Factor de fricción de la mezcla  $f_m$ , con la ecuación de Darcy-Weisbach adaptada para una canal de sección circular en un tubo parcialmente lleno<sup>10</sup>, dada como:

$$f_m = 8 \frac{R_H * S * g}{V_m^2} \quad (36)$$

Donde  $R_H$  es el radio hidráulico de la sección transversal mojada,  $S$  corresponde a la pendiente longitudinal del canal,  $V_m = Q_m/A$ ,  $A$  es el área de la sección transversal mojada del canal.

- El coeficiente de Chezy ( $Ch$ ) se calcula con la ecuación (5).
- Número de Reynolds de partículas afectadas por la mezcla ( $NR_M$ ).

$$NR_M = \frac{4 * V_d * R_H}{v_M} \quad (37)$$

- Rugosidad relativa válida para tubería de vidrio<sup>11</sup> ( $e/D$ ).

$$e / D = \frac{0.015}{D}$$

- Valor de  $e$  para tubos de vidrio, cobre, latón, madera (bien cepillada) y acero nuevo soldado. 0.015mm
- $D$ : diámetro del tubo

(38)

- Factor de fricción del agua ( $f_w$ ) inicialmente se puede calcular con la simplificación obtenida por Swamee-Jain<sup>12</sup>, de la siguiente manera:

<sup>9</sup> Prakas, Anand. "Handbook of Essential Methods and Desing". ASCE Publications, 2004.pág. 77.

<sup>10</sup> H.J. Gómez Z., *hidrotransporte de pulpa de papel en canal abierto de sección circular: Ingeniería y Desarrollo No 25*. Biblioteca digital de la Universidad del Norte, Colombia, 2009.

<sup>11</sup> <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/confinado/rugosidadabsoluta.html>

<sup>12</sup> [http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/confinado/factor\\_de\\_friccion.htm](http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/confinado/factor_de_friccion.htm)

$$f_w = \frac{0.25}{\log\left(\frac{e/D}{3.71} + \frac{5.74}{(NR_M)^{0.9} f_w}\right)^2} \quad (39)$$

Si el flujo es turbulento el factor de fricción se obtiene con la relación para ( $f_w$ ) de Colebrook-White.

$$\frac{1}{\sqrt{f_w}} = -2 \log\left[\frac{e/D}{3.71} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f_w}}\right] \quad (40)$$

- Relación del factor de fricción adicional producido por los sólidos y el del agua o pérdida de energía ( $f_s/f_w$ ); está dado por la siguiente relación:

$$\frac{f_s}{f_w} \quad (41)$$

$f_s$ : Factor de fricción adicional producido por los sólidos.  
 $f_w$ : Factor de fricción adicional producido por el agua.

- Coeficiente de rugosidad de Manning ( $N_m$ ) se calcula con la ecuación (6)
- Numero de Froude densimétrico ( $F_L$ ) se calcula con la ecuación (7).

#### 5.4 VARIABLES A ANALIZAR EN LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE-VARIABLE

Como se menciona en el numeral 1.6 “Para poder realizar esta investigación, se debe postular una relación funcional entre las variables. Tratar de explicar el comportamiento de “y” con más de una variable predictiva usando una funcional lineal”. Las variables independientes a analizar son:

- Pendiente ( $S$ )
- Diámetro adimensional de partículas afectadas por la mezcla ( $d^{*}$ )

La variable dependiente es:

- Correlación adimensional para el factor de fricción adicional producido por los sólidos y el del agua o pérdida de energía ( $f_s/f_w$ )

Las anteriores variables se toman por ser determinantes en el estudio de la pérdida de energía y velocidad de depósito por consiguiente la ecuación para el análisis múltiple-variable que se establece es:

$$f_s / f_w = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^{*'} + \beta_2 \cdot S \quad (42)$$

## 5.5 CORRELACIÓN ADIMENSIONAL

Para el Número de Froude Densimétrico  $F_M$  ó  $F_L$  en condiciones de no depósito y en condiciones de velocidad de depósito respectivamente.

Las ecuaciones para el análisis de la ecuación múltiple-variable queda como sigue:

$$F_M \text{ ó } F_L = \beta_0 + \beta_1 \cdot d^{*'} + \beta_2 \cdot S \quad (43)$$

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS A PARTIR DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE-VARIABLE

Esta parte se muestran las funciones obtenidas a través de la regresión múltiple variable con los datos experimentales, que deja como resultado la obtención de una expresión para cada tipo de canal.

### 6.1 RESULTADOS OBTENIDOS

Con los datos obtenidos en laboratorio se calcula los siguientes valores:

- Se encuentra una correlación adimensional para el factor de fricción  $f_s/f_w$ , a partir de la ecuación dimensional (3a). Los cálculos se anotan en el Anexo D.

#### EN CONDICIONES DE NO DEPÓSITO

##### Canal circular

$$\text{Arena} \quad f_s / f_w = 0.8935 + 0.0016 * d^* + 0.5334 * S \quad (44)$$

$$\text{Plomo} \quad f_s / f_w = 2.4551 - 0.2243 * d^* + 1.0708 * S \quad (45)$$

$$\text{Mezcla} \quad f_s / f_w = 2.05 * -2.2407 * d^* + 1.3371 * S \quad (46)$$

##### Canal rectangular

$$\text{Arena} \quad f_s / f_w = 0.7556 - 0.4219 * d^* + 0.0252 * S \quad (47)$$

$$\text{Plomo} \quad f_s / f_w = 1.2243 + 0.2657 * d^* + 0.5632 * S \quad (48)$$

$$\text{Mezcla} \quad f_s / f_w = 1.997 + 0.0882 * d^* + 1.4539 * S \quad (49)$$

## EN CONDICIONES DE VELOCIDAD DE DEPÓSITO

### Canal circular

$$\text{Arena} \quad fs / fw = 1.8133 - 0.0179 * d^* + 1.2170 * S \quad (50)$$

$$\text{Plomo} \quad fs / fw = 3.1149 + 0.0132 * d^* + 1.7825 * S \quad (51)$$

$$\text{Mezcla} \quad fs / fw = 4.6495 - 0.1692 * d^* + 3.4675 * S \quad (52)$$

### Canal rectangular

$$\text{Arena} \quad fs / fw = 2.2193 - 0.2912 * d^* + 1.6412 * S \quad (53)$$

$$\text{Plomo} \quad fs / fw = 1.4112 + 0.5539 * d^* + 1.3759 * S \quad (54)$$

$$\text{Mezcla} \quad fs / fw = 2.1993 + 0.5115 * d^* + 2.3338 * S \quad (55)$$

Se encuentra una correlación adimensional para el Número de Froude Densimétrico, a partir de la ecuación dimensional (8), solamente para mezclas sedimentables, los resultados se anotan en el Anexo E.

## EN CONDICIONES DE NO DEPÓSITO

### Canal circular

$$\text{Arena} \quad F_M = 0.19 + 0.0213 * d^* + 0.3072 * S \quad (56)$$

$$\text{Plomo} \quad F_M = 0.0636 + 0.0745 * d^* + 0.4891 * S \quad (57)$$

$$\text{Mezcla} \quad F_M = -0.165 + 0.0497 * d^* + 0.0732 * S \quad (58)$$

### Canal rectangular

$$\text{Arena} \quad F_M = -0.4622 + 0.1366 * d^* + 0.1323 * S \quad (59)$$

$$\text{Plomo} \quad F_M = -0.2244 + 0.0970 * d^* + 0.2158 * S \quad (60)$$

$$\text{Mezcla} \quad F_M = -0.3077 - 0.0667 * d^* - 0.1253 * S \quad (61)$$

### EN CONDICIONES DE VELOCIDAD DE DEPÓSITO

#### Canal circular

$$\text{Arena} \quad F_L = -0.2011 + 0.0348 * d^* + 0.0288 * S \quad (62)$$

$$\text{Plomo} \quad F_L = -0.2963 + 0.0233 * d^* + 0.1549 * S \quad (63)$$

$$\text{Mezcla} \quad F_L = -1.2147 + 0.0552 * d^* - 0.713 * S \quad (64)$$

#### Canal rectangular

$$\text{Arena} \quad F_L = -0.7084 + 0.0703 * d^* - 0.087 * S \quad (65)$$

$$\text{Plomo} \quad F_L = -0.3289 - 0.1202 * d^* + 0.1184 * S \quad (66)$$

Mezcla

$$F_L = -0.2656 - 0.3263 * d^* - 0.5458 * S$$

(67)

## 6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En general se puede observar que las ecuaciones no son aplicables porque se presenta una correlación muy baja entre las variables y no son representativas para la descripción del fenómeno a excepción de las ecuaciones para plomo en el canal circular, es decir que de las ecuaciones obtenidas en el numeral 6.1 únicamente son válidas las obtenidas para la mezcla agua plomo (ecuaciones 45 y 51).

A continuación, se hace un resumen de los valores del coeficiente de correlación (R) expresado en porcentaje.

Tipo de canal y material	Condiciones de No depósito	Condiciones de depósito
Canal circular arena:	45%	59%
Canal circular plomo:	<u>95%</u>	<u>98%</u>
Canal circular mezcla (arena-plomo):	31%	57%
Canal rectangular arena:	65%	68%
Canal rectangular plomo:	43%	30%
Canal rectangular mezcla (arena plomo)	54%	63%

Al realizar el análisis de varianza nos damos cuenta que el ajuste de las ecuaciones 45 y 51 es bueno las cuales corresponden al experimento realizado en el canal circular con plomo, ya que el valor del coeficiente de correlación es: R= 95 y 98% para condiciones de no depósito y depósito respectivamente, estos valores son cercanos al 100%, en concreto el 95 y 98% de la variabilidad de la variable  $f_s/f_w$  a su promedio es explicado por el modelo de regresión utilizada. Los datos y resultados de la regresión se anotan en el anexo D.

Por consiguiente con las ecuaciones mencionadas se realizó una metodología de diseño para canal circular.

### 6.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA CANAL CIRCULAR

En la metodología de diseño para canal circular se adopta una nueva numeración para que haya una secuencia ordenada en el diseño.

#### Análisis del cálculo para la pérdida de energía

Con los datos medidos en laboratorio, se encontró el valor del factor de fricción de la mezcla  $f_m$ , con la ecuación de Darcy-Weisbach, adaptada para una canal de sección circular en un tubo parcialmente lleno<sup>13</sup>, dada como:

$$f_m = 8 \frac{R_H * S * g}{V_m^2} \quad (a)$$

Donde  $R_H$  es el radio hidráulico de la sección transversal mojada,  $S_m$  en este caso se tomó como la pendiente longitudinal del canal igual a  $S_o$ ,  $V_m = Q_m/A$ ,  $A$  es el área de la sección transversal mojada del canal,  $Q_m$  es el caudal de la mezcla.

La correlación entre la variable dependiente  $f_s/f_w$  y las variables independientes  $d^*$  y  $S$ , se obtuvo por medio de regresión lineal múltiple (RLM) aplicada a los datos experimentales cuyo resultado se anota en el numeral 6.1 (ecuación 45), los datos experimentales están descritos en el Anexo D, obteniéndose la ecuación (b).

$$f_s / f_w = 2.4551 - 0.2243 * d^* + 1.0708 * S \quad (b)$$

Donde  $f_w$  se calcula con la ecuación de Colebrook-White, suponiendo que la velocidad del agua es la misma que la velocidad del metal pesado.

Para poder adaptar la ecuación clásica de Manning para el diseño de canales con flujo de agua limpia al diseño de canales con flujo de una mezcla, es necesario relacionar el factor de fricción  $f_m$  con el factor de fricción de Manning  $n_m$ <sup>14</sup>, como se indica en la siguiente ecuación.

Tomamos la ecuación (a)

$$f_m = 8 \frac{R_H * S * g}{V_m^2}$$

<sup>13</sup> H.J. Gómez Z., *hidrotransporte de pulpa de papel en canal abierto de sección circular: Ingeniería y Desarrollo No 25*. Biblioteca digital de la Universidad del Norte, Colombia, 2009.

<sup>14</sup> H.J. Gómez Z., *Estudio del transporte hidráulico de mezclas agua-sólido en canales: Informe final de investigación*. Universidad de Nariño. VIPRI, Pasto, Colombia, 2008.

Se ordena la ecuación (a) así:

$$\frac{f_m}{8g} = \frac{R_H * S}{V_m^2} \quad (a^*)$$

Tomamos la ecuación de Manning:

$$n_m = \frac{1}{V_m} R_H^{2/3} S^{1/2}$$

Se despeja  $V_m$ :

$$V_m = \frac{1}{n_m} R_H^{2/3} S^{1/2}$$

Se reemplaza  $V_m$  en (a\*)

$$\frac{f_m}{8g} = \frac{R_H * S}{\left[ \frac{1}{n_m} R_H^{2/3} S^{1/2} \right]^2} \quad (a^{**})$$

Se despeja  $n_m$ :

$$n_m = R_H^{1/6} \sqrt{\frac{f_m}{8g}} \quad (c)$$

Partiendo de la suposición de que el radio hidráulico de la mezcla es igual al radio hidráulico del agua limpia y reemplazando el valor de  $f_m$  de ec. (b) en ec. (c), se obtiene una ecuación para el factor de fricción de Manning dada como:

$$n_m = n \left[ 2.4551 - 0.2243 * d^* + 1.0708 * S \right]^{1/2} \quad (d)$$

Donde  $n$  es el coeficiente de Manning para agua limpia en tubo parcialmente lleno o lleno según sea el caso. Reemplazando ec. (d) en ecuación de Manning para canales abiertos se obtiene una ecuación útil para el diseño de canales con flujo de agua - plomo, dada por ec. (e).

$$Q_m = \frac{AR_H^{2/3} S^{1/2}}{n \left[ 2.4551 - 0.2243 * d^* + 1.0708 * S \right]^{1/2}} \quad (e)$$

Donde  $Q_m$ , es el caudal de la mezcla en  $m^3/s$ . Como se puede observar en la ec. (e), una vez conocido  $n_m$ , el diseño de canales con flujo de una mezcla se simplifica a uno similar, como si fuera agua limpia.

## Planteamiento y validación de la metodología de diseño

A continuación se propone y se valida la metodología para el diseño de canales parcialmente llenos que transportan mezclas. Teniendo en cuenta que para el diseño de un canal el proceso exacto se vuelve iterativo, el dimensionamiento del canal propone la siguiente metodología usando la ecuación de Manning modificada para la mezcla de agua, arena y plomo.

- Datos conocidos: Caudal de agua limpia:  $Q_L$  [ $m^3/s$ ]. Caudal de sólidos:  $Q_S$  [ $m^3/s$ ]. Pendiente del canal:  $S$  [m/m]. Diámetro del tubo:  $D_o$  [m]. Factor de fricción de Manning para agua limpia:  $n$  [-]. Temperatura del agua:  $T$  [ $^{\circ}C$ ]. Diámetro  $d_{50}$  en [m] de plomo. Peso específico de metal pesado  $\gamma_M$ .
- Concentración volumétrica de plomo en el agua,  $C_m$ .

$$C_m = \frac{Q_s}{Q_L + Q_s} \quad [f]$$

Donde  $Q_s$  es el caudal del plomo

- Cálculo del peso específico de la mezcla de sólidos compuesta por agua y metal pesado, se puede calcular de las siguientes formas:
  1. Con la concentración volumétrica  $C_{VM}$ .

$$\gamma_{sM} = (1 - C_{VM})\gamma_s + C_{VM}\gamma_M \quad [g]$$

Como la concentración que se conoce es la concentración en peso, es necesario transformar la concentración en peso en concentración volumétrica  $C_{VM}$ , con la siguiente ecuación.

$$C_{VM} = \frac{C_{WM}\gamma_s}{C_{WM}\gamma_s - C_{WM}\gamma_M + \gamma_M} \quad [h]$$

2. Usando directamente la concentración en peso  $C_{WM}$ .

$$\gamma_{sM} = \frac{\gamma_s}{\left(1 + C_{WM} \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_M} - 1\right)\right)} \quad [i]$$

- Cálculo del parámetro adimensional de densidades modificado para el plomo:

$$\Delta = \frac{\gamma_{sM} - \gamma_w}{\gamma_w} \quad [j]$$

Donde  $\gamma_w$  es el peso específico del agua a temperatura de ensayo  $T$  [°C].

- Cálculo de la viscosidad de la mezcla.

$$\nu_m = \frac{2\nu_w}{2 - 3C_m} \quad [k]$$

Donde  $\nu_w$  es la viscosidad del agua a temperatura de ensayo  $T$  [°C].

- Cálculo del parámetro adimensional de densidades modificado para el plomo y sedimentos afectado por la concentración:

$$\Delta' = \left[ \frac{(1 - C_m)\Delta}{1 + C_m\Delta} \right] \quad [l]$$

- Cálculo del parámetro adimensional de partícula afectado por la concentración:

$$d'^* = \left( \frac{\Delta' g}{\nu_m^2} \right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} d_{50} \quad [m]$$

- Cálculo de la velocidad del flujo de la mezcla a tubo lleno,  $V_{mo}$ .

$$V_{mo} = \frac{R_H^{2/3} S^{1/2}}{n \left[ 2.4551 - 0.2243 * d'^* + 1.0708 * S \right]^{1/2}} \quad [n]$$

Donde  $n$  es el coeficiente de Manning para agua limpia a tubo completamente lleno.

- Cálculo del caudal de la mezcla a tubo lleno,  $Q_{mo}$ .

$$Q_{mo} = AV_{mo} \quad [o]$$

Donde  $A$  es el área del tubo.

- Relación de caudal de la mezcla de diseño con el caudal de la mezcla a tubo lleno.

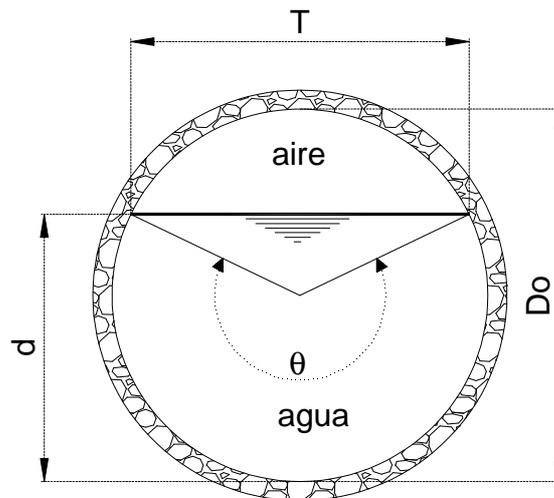
$$R_Q = \frac{Q_L + Q_S}{Q_{mo}} \quad [p]$$

- Ángulo  $\theta$  [rad], dado por la ecuación de Agiray.

$$\theta = 4.084 \left( \frac{\pi R_Q}{4^{5/3}} \right)^{3/13} \left\{ 1 + 2.03 \left[ \text{Sen}^{-1} \left( \frac{3.08 \pi R_Q}{4^{5/3}} \right) \right]^{0.428} - 2.7 * \left( \frac{\pi R_Q}{4^{5/3}} \right)^{0.423} \right\}$$

[q]

Los símbolos de las ecuaciones se indican en la figura 24, tomada de Gómez (2009)<sup>15</sup>.



**Figura 24.** Esquema de la sección transversal del tubo

<sup>15</sup> Gómez, Z. Hernán. J. "Hidrotransporte de pulpa de papel en un canal abierto de sección circular", *Revista Ingeniería y Desarrollo*, Universidad del Norte. Clase A2 según Publindex de COLCIENCIAS. Numero 25. Enero- Junio. Pg. 48-66. 2009. ISSN 0122-3461.\*

El valor de  $\text{Sen}^{-1}[3.08 (\pi R_Q/4^{5/3})]$ , se debe dar en radianes.

- Profundidad de la mezcla dentro del tubo:  $d$  [m].

$$d = \left(\frac{D_o}{2}\right) \left[1 - \text{Cos}\left(\frac{\theta}{2}\right)\right] \quad [r]$$

Donde  $D_o$  es el diámetro del tubo. Para validar la metodología de diseño propuesta, se utiliza los datos experimentales, para ello se calculó la profundidad de la mezcla dentro de los canales usando la metodología propuesta y se comparó con los datos medidos en laboratorio.

- Cálculo de la velocidad media de la mezcla a tubo lleno  $V_{mo}$ .

$$V_{mo} = \frac{4Q_{mo}}{\pi D_o^2} \quad [s]$$

- Cálculo de la velocidad media de la mezcla (agua - plomo) a tubo parcialmente lleno,  $V_r$ .

$$V_r = \frac{2\pi R_Q V_o}{(\theta - \text{SENO}(\theta))} \quad [t]$$

- Cálculo del número de Froude densimétrico  $F_L$ .

$$F_L = -0.2963 + 0.0233 * d^* + 0.1549 * S \quad [u]$$

Ecuación tomada del numeral 6.1 para plomo en canal circular

- Cálculo de la velocidad de depósito,  $V_d$ .

$$V_d = F_L \sqrt{8gR_H \Delta} \quad [v]$$

- Comparación de las velocidades: Si  $V_d < V_m/2$  el diseño será correcto, de lo contrario se debe volver a realizar los cálculos, por lo general es recomendable aumentar la pendiente del canal hasta que se cumpla la condición de velocidades. Al aplicar este criterio a los datos experimentales se debe cumplir para todos los datos que  $V_d < V_m$ . En algunos valores la

velocidad de depósito calculada está por encima de la velocidad media del flujo, pero es muy cercana, lo que significa es que no hubo la suficiente precisión en la medición de estos datos.

Para estimar el error de predicción de la metodología propuesta, se usó el criterio del error promedio  $\bar{E}$ , entre los valores experimentales y calculados, tomando como variable indicadora la profundidad de la mezcla dentro del tubo.

$$E_i = \left[ \frac{d_{exp} - d_c}{d_{exp}} \right] * 100 \quad [w]$$

$d_{exp}$  es el valor experimental de la profundidad de la mezcla y  $d_c$  es el valor de la profundidad de la mezcla calculado con la metodología propuesta. El error promedio  $\bar{E}$  de todos los datos se calcula con ecuación (w).

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^{ND} (E_i)}{ND} \quad [x]$$

Donde **ND= 96**, que corresponde al número de experimentos realizados.

### Ejemplo de Cálculo.

Para comprobar que la anterior metodología fue bien propuesta se hace un chequeo manual de los cálculos. Para ello se toma el ensayo 1 correspondiente a la velocidad crítica de depósito.

- Datos conocidos: Caudal de agua limpia:  $Q_L = 0.00021$  [m<sup>3</sup>/s]. Caudal de sólidos:  $Q_s = 0.00001625$  [m<sup>3</sup>/s]. Pendiente del canal:  $S = 0.0832$  [m/m]. Diámetro del tubo:  $D_o = 0.034m$ . Factor de fricción de Manning para agua limpia a tubo lleno:  $n = 0.007$  [sm<sup>-1/3</sup>]. Temperatura del agua:  $T = 16.4$  [°C]. Diámetro medio de partículas de plomo  $d_{50} = 0.0027$  [m]. Peso específico de metal pesado  $\gamma_m = 9213.65$  [Kp/m<sup>3</sup>].
- Concentración volumétrica de plomo en el agua,  $C_m$ .

$$C_m = \frac{Q_s}{Q_L + Q_s} = \frac{0.00001625}{0.00021} = 0.0719[-] \quad [f]$$

$Q_s$  es el caudal del metal pesado.

- Cálculo del peso específico de la mezcla de sólidos compuesta por agua y metal pesado

1. Con la concentración volumétrica  $C_{VM}$ .

$$C_{VM} = \frac{C_{WM} \gamma_s}{C_{WM} \gamma_s - C_{WM} \gamma_M + \gamma_M} =$$

$$C_{VM} = \frac{0.3(2623.09)}{0.3(2623.09) - 0.3(9213.65) + 9213.65} = 0.1087[-] \quad [h]$$

$$\gamma_{sM} = (1 - C_{VM})\gamma_s + C_{VM}\gamma_M = (1 - 0.1087)2623.09 + 0.1087(9213.65) = 3339.48 \text{ Kp} / \text{m}^3 \quad [g]$$

Como la concentración que se conoce es la concentración en peso, es necesario transformar la concentración en peso en concentración volumétrica.

2. Usando directamente la concentración en peso  $C_{WM}$ .

$$\gamma_{sM} = \frac{\gamma_s}{\left(1 + C_{WM} \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_M} - 1\right)\right)}$$

$$\gamma_{sM} = \frac{2623.09}{\left(1 + 0.3 \left(\frac{2623.09}{9213.56} - 1\right)\right)} = 3339.77 \text{ Kp} / \text{m}^3 \quad [i]$$

Se comprueba que los dos métodos dan el mismo resultado para  $\gamma_{sM}$ .

- Cálculo del parámetro adimensional de densidades modificado para el plomo:

$$\Delta = \frac{\gamma_{sM} - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{3339.773 - 998.894}{998.894} = 2.3437[-] \quad [j]$$

Donde  $\gamma_w$  es el peso específico del agua a temperatura de ensayo  $T$  [°C].

- Cálculo de la viscosidad de la mezcla.

$$v_m = \frac{2v_w}{2-3C_m} = \frac{2(0.000001067)}{2-3(0.0719)} = 0.000001196[m^2 / s]$$

[k]

Donde  $v_w$  es la viscosidad del agua a temperatura de ensayo  $T$  [°C].

- Cálculo del parámetro adimensional de densidades modificado para el plomo afectado por la concentración:

$$\Delta' = \left[ \frac{(1-C_m)\Delta}{1+C_m\Delta} \right] = \left[ \frac{(1-0.0719)2.34}{1+0.0719(2.34)} \right] = 1.86[-]$$

[l]

- Cálculo del parámetro adimensional de partícula afectado por la concentración:

$$d'^* = \left( \frac{\Delta' g}{v_m^2} \right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} d_{50} = \left( \frac{1.86(9.80665)}{0.000001196^2} \right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} 0.024 m = 631.67$$

[m]

- Cálculo de la velocidad del flujo de la mezcla a tubo lleno,  $V_{mo}$ .

$$V_{mo} = \frac{R_H^{2/3} S^{1/2}}{n[2.4551 - 0.2243 * d'^* + 1.0708 * S]^{1/2}}$$

$$V_{mo} = \frac{(0.034/4)^{2/3} (0.0313)^{1/2}}{n[2.4551 - 0.2243 * (631.73) + 1.0708 * (0.0313)]^{1/2}} = 1.307 m/s$$

[n]

Donde  $n$  es el coeficiente de Manning para agua limpia a tubo completamente lleno.

- Cálculo del caudal de la mezcla (agua - plomo) a tubo lleno,  $Q_{mo}$ .

$$Q_{mo} = AV_{mo} = \frac{\pi(0.034)^2}{4}(1.307) = 0.001187m^3 / s \quad (o)$$

Donde **A** es el área del tubo.

- Relación de caudal de la mezcla (agua - plomo) de diseño con el caudal de la mezcla a tubo lleno.

$$R_Q = \frac{Q_L + Q_S}{Q_{mo}} = \frac{0.00021 + 0.00001625}{0.001187} = 0.1907[-] \quad (p)$$

- Ángulo  $\theta$  [rad], dado por la ecuación de Agiray

$$\theta = 4.084 \left( \frac{\pi R_Q}{4^{5/3}} \right)^{3/13} \left\{ 1 + 2.03 \left[ \text{Sen}^{-1} \left( \frac{3.08 \pi R_Q}{4^{5/3}} \right) \right]^{0.428} - 2.7 * \left( \frac{\pi R_Q}{4^{5/3}} \right)^{0.423} \right\} = 2.482rad \quad (q)$$

- Profundidad de la mezcla dentro del tubo:  $d$  [m].

$$d = \left( \frac{D_o}{2} \right) \left[ 1 - \text{Cos} \left( \frac{\theta}{2} \right) \right] = \left( \frac{0.034}{2} \right) \left[ 1 - \text{Cos} \left( \frac{2.482}{2} \right) \right] = 0.0115m \quad (r)$$

Donde  $D_o$  es el diámetro del tubo. Para validar la metodología de diseño propuesta, se utiliza los datos experimentales, para ello se calculó la profundidad de la mezcla dentro de los canales usando la metodología propuesta y se comparó con los datos medidos en laboratorio.

- Cálculo de la velocidad media de la mezcla (agua - plomo) a tubo parcialmente lleno,  $V_r$ .

$$V_r = \frac{2\pi R_Q V_o}{(\theta - \text{SENO}(\theta))} = \frac{2\pi(0.1907)(1.307)}{(2.482 - \text{SENO}(\theta))} = 0.838m / s \quad (t)$$

- Cálculo del número de Foude  $F_L$ .

$$F_L = -0.2963 + 0.0233 * d^* + 0.1549 * S$$

$$F_L = -0.2963 + 0.0233 * (631.73) + 0.1549 * (0.0313) = 0.016[-] \quad (u)$$

Ecuación tomada del numeral 6.1 para plomo en canal circular.

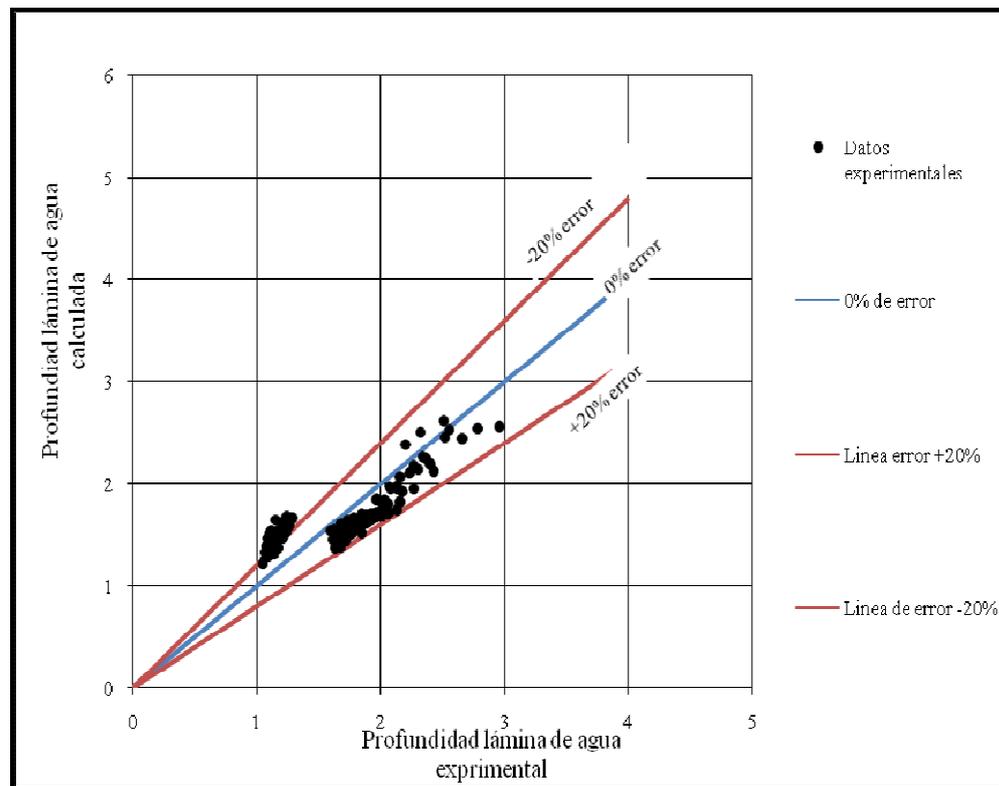
- Cálculo velocidad de depósito,  $V_d$ .

$$V_d = F_L \sqrt{8gR_H \Delta} = 0.6166 \sqrt{8(9.80665)(0.034/4)2.3437} = 0.771 \text{ m/s}$$

(v)

- Comparación de las velocidades, como  $V_d \leq V_m$ , cumpliría el diseño, (aunque en teoría estos dos valores de velocidad deberían ser iguales ya que el ejemplo se lo realizó para condiciones de depósito). La diferencia radica en la exactitud de las correlaciones matemáticas tanto de  $f_s/f_w$  como de  $F_L$ .

En la gráfica 2, se indica la variación entre los valores medidos y calculados para la profundidad de la mezcla (agua-plomo) en el tubo. Como se observa guardan una tendencia hacia la línea central lo cual indica que la ecuación trabaja con los promedios.



**Gráfica 2.** Comparación de datos medidos y calculados con la metodología propuesta para las profundidades de la mezcla (agua-plomo) en el canal circular.

## 7. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de los diferentes ensayos se determinó la pérdida de energía experimental ya que con estos se simula los fenómenos de forma adecuada. Esto debido a que se incluyeron variables muy importantes como son: la velocidad de la mezcla, la rugosidad de la mezcla y conducto, el factor de fricción, el tipo de sección del canal, la viscosidad cinemática de la mezcla y la pendiente.

La solución empírica dada al fenómeno de pérdida de energía en canales abiertos por medio de ensayos prácticos en laboratorio, fue encontrar una relación adimensional teniendo en cuenta múltiples variables, como lo es la pendiente y las características de los materiales que conforman las mezclas, para encontrar estas relaciones se utilizó regresiones lineales múltiple para poder incluir diversas variables en una sola ecuación.

Realizando una comparación entre los materiales utilizados se observó que la velocidad crítica de depósito está directamente relacionada con el peso específico del material, el tamaño de partícula y el radio hidráulico.

Una parte importante de esta investigación es determinar cuál es el canal con mayor eficiencia para el transporte de sólidos, de acuerdo a lo experimentado se puede afirmar que el más óptimo es el canal circular, por su sección transversal ya que no tiene aristas en donde se va a presentar mayor fricción entre la partícula y el canal, lo cual conlleva a una mayor pérdida de energía.

Dentro de la determinación de la velocidad crítica de depósito y pérdida de energía en mezclas sedimentables se pudo formular ecuaciones para cada tipo de material. Teniendo en cuenta su peso específico y tipo del canal a utilizar (circular – rectangular), pero se debe tener en cuenta que estas ecuaciones presentan gran diferencia en la comparación entre valores calculados y experimentales a excepción de las ecuaciones encontradas para canal circular con mezcla (agua-plomo),

## **8. RECOMENDACIONES**

Adicionar elementos electrónicos que se puedan adaptar al equipo de laboratorio para medir caudales y en el transporte de mezclas con más exactitud, se deben usar materiales de excelente calidad en lo posible certificados.

Ampliar el conocimiento sobre el tema, se recomienda investigar sobre las consecuencias de la gravedad específica de los materiales sobre los fenómenos de los cuales trata esta investigación.

Utilizar equipos de protección personal como casco, gafas protectoras, tapones auditivos, delantal y en lo posible usar calzado dieléctrico durante el manejo del equipo de laboratorio para el transporte de mezclas; además Se debe usar las herramientas adecuadas para la manipulación del equipo debido a que los materiales de los cuales están hechos los canales son delicados.

Utilizar los datos obtenidos se puede explorar otro tipo de correlaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

Abulnaga, Baha E., P.E. "Slurry Systems Handbook". McGraw Hill. 2002. pp 6.34.

Cheng. N. S. "Simplified Settling Velocity Formula For Sediment Particle". Journal of Hydraulic Engineering. Vol 123. No 2. 1997a.

\_\_\_\_\_. "Effect of Concentration on Settling Velocity of Sediment Particles". Journal of Hydraulic Engineering. Vol 123. No 8. 1997b.

Dominguez, B., R. Souyris, and A. Nazer. 1996. Deposit velocity of slurry flow in open channels. Paper read at the symposium, Slurry Handling and Pipeline Transport. Thirteenth annual International Conference of the British Hydromechanic Research Association, Johannesburg, South Africa.

Duckworth, R.A."The hydraulic transport of materials by pipeline". South African Mechanical Engineer (Johannesburg). 1978. vol. 28, no. 8, pages 291.306. [16 pp.]

Gómez, Z. Hernán. J. "Hidrotransporte de sedimentos en tubos horizontales a presión: Estudio de la velocidad crítica de depositación". Trabajo de investigación para optar el título de Magíster en Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Oct 2002.

Gómez, Z. Hernán. J., Ordóñez, O.J.I., "Velocidad Crítica de Depositación en el Transporte de Sedimentos en Canales Abiertos", *XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, La Habana, Cuba, Octubre de 2002.

Graf, H. W. "Hydraulics of Sediment Transport". McGraw-Hill. New York. 1792.

Kokpinar, A.-M. & Gogus M. "Crítical Velocity in Slurry Transporting Horizontal Pipes". Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 127. No 9. September. 2001. Pp 763-771. ASCE.

Murthy, J.S. "On Improvisati3n of de Sediment Transport in Horizontal Pipelines". Journal of Pipelines. Amsterdam. Vol 1. No 4. pages 319-329. 11 pp. 1978.

Richardson, J.F. and Zaki, W.N. (1954).*Trans. Inst. Chem. Engrs.*

Song. T.- Y. M. Chiew"Settling Characteritics of Sediment in Moving Bingham Fluid". Journal of Hydraulic Engineering. Vol 123. No 9. 1997

## **ANEXOS**

## Anexo A. Análisis y curvas granulométricas

**Cuadro A. 1.** Análisis granulométrico arena tipo I.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
4	5,14	0	1000	0	100
8	2,60	349,2	650,8	34,92	65,08
10	2,22	507,2	143,6	50,72	14,36
16	1,33	131,7	11,9	13,17	1,19
pasa 200		11,8	0,10	1,18	0,01

**Cuadro A. 2.** Análisis granulométrico arena tipo II.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
8	2,60	0	1100	0	110
10	2,22	113,7	986,3	11,37	98,63
16	1,33	913,8	72,5	91,38	7,25
20	0,97	9,9	62,6	0,99	6,26
30	0,69	42	20,6	4,2	2,06
40	0,50	3,9	16,7	0,39	1,67
50	0,36	10,7	6	1,07	0,6
100	0,19	5,1	0,9	0,51	0,09
200	0,075	0,6	0,3	0,06	0,03
pasa 200		0,1	0,2	0,01	0,02

**Cuadro A. 3.** Análisis granulométrico arena tipo III.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
10	2,22	0	1000	0	100
16	1,33	5,1	994,9	0,51	99,49
20	0,97	13,22	981,68	1,322	98,168
30	0,69	459,34	522,34	45,934	52,234
40	0,50	193,73	328,61	19,373	32,861
50	0,36	286,38	42,23	28,638	4,223
100	0,19	37,27	4,96	3,727	0,496
200	0,075	2,91	2,05	0,291	0,205
pasa 200		0,1	1,95	0,01	0,195

**Cuadro A. 4.** Análisis granulométrico plomo tipo I.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
30	0,69	0	1000	0	100
40	0,50	220	780	22	78
50	0,36	689,1	90,9	68,91	9,09
60	0,30	90,2	0,7	9,02	0,07
pasa 60	0,30	0,4	0,3	0,04	0,03

**Cuadro A. 5.** Análisis granulométrico plomo tipo I.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
60	0,30	0	1000	0	100
70	0,26	59,7	940,3	5,97	94,03
80	0,23	167,5	772,8	16,75	77,28
100	0,19	349,1	423,7	34,91	42,37
120	0,16	217,2	206,5	21,72	20,65
140	0,14	165,4	41,1	16,54	4,11
170	0,12	21,6	19,5	2,16	1,95
200	0,075	19,1	0,4	1,91	0,04
pasa 200	0,075	0,1	0,3	0,01	0,03

**Cuadro A. 6.** Análisis granulométrico plomo tipo III.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
4	5,14	0	1000	0	100
8	2,60	669,2	330,8	66,92	33,08
10	2,22	242,6	88,2	24,26	8,82
16	1,33	83,5	4,7	8,35	0,47
pasa 200		3,2	1,50	0,32	0,15

**Cuadro A. 7.** Análisis granulométrico mezcla tipo I, concentración 5%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
4	5,14	0	1000	0	100
8	2,60	557,2	442,8	55,7	44,3
10	2,22	355,6	87,2	35,6	8,7
16	1,33	81,0	6,2	8,1	0,6
pasa 200		5,1	1,1	0,5	0,1

**Cuadro A. 8.** Análisis granulométrico mezcla tipo I, concentración 15%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
4	5,14	0	1000	0	100
8	2,60	548,2	451,8	54,8	45,2
10	2,22	368,8	83,0	36,9	8,3
16	1,33	77,1	5,9	7,7	0,6
pasa 200		5,3	0,6	0,5	0,1

**Cuadro A. 9.** Análisis granulométrico mezcla tipo I, concentración 30%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
4	5,14	0	1000	0	100
8	2,60	504,1	495,9	50,4	49,6
10	2,22	329,6	166,3	33,0	16,6
16	1,33	151,2	15,1	15,1	1,5
pasa 200		13,8	1,3	1,4	0,1

**Cuadro A. 10.** Análisis granulométrico mezcla tipo II, concentración 5%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
8	2,60	0,0	1000,0	0,0	100,0
10	2,22	33,2	966,8	3,3	96,7
16	1,33	805,1	161,7	80,5	16,2
20	0,97	80,0	81,7	8,0	8,2
30	0,69	49,0	32,7	4,9	3,3
40	0,50	20,8	11,9	2,1	1,2
50	0,36	4,6	7,3	0,5	0,7
100	0,19	3,0	4,3	0,3	0,4
200	0,075	2,2	2,1	0,2	0,2
pasa 200		1,8	0,3	0,2	0,0

**Cuadro A. 11.** Análisis granulométrico mezcla tipo II, concentración 15%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
8	2,60	0,0	1000,0	0,0	100,0
10	2,22	30,9	969,1	3,1	96,9
16	1,33	798,7	170,4	79,9	17,0
20	0,97	81,9	88,5	8,2	8,9
30	0,69	51,0	37,5	5,1	3,8
40	0,50	22,2	15,3	2,2	1,5
50	0,36	4,8	10,5	0,5	1,1
100	0,19	4,6	5,9	0,5	0,6
200	0,075	2,5	3,4	0,3	0,3
pasa 200		2,0	1,4	0,2	0,1

**Cuadro A. 12.** Análisis granulométrico mezcla tipo II, concentración 30%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
8	2,60	0,0	1000,0	0,0	100,0
10	2,22	28,6	971,4	2,9	97,1
16	1,33	789,8	181,6	79,0	18,2
20	0,97	85,0	96,6	8,5	9,7
30	0,69	53,2	43,4	5,3	4,3
40	0,50	24,0	19,4	2,4	1,9
50	0,36	9,0	10,4	0,9	1,0

100	0,19	3,3	7,1	0,3	0,7
200	0,075	2,7	4,4	0,3	0,4
pasa 200		3,2	1,2	0,3	0,1

**Cuadro A. 13.** Análisis granulométrico mezcla tipo III, concentración 5%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
10	2,22	0	1000	0	100
16	1,33	7,0	993,0	0,7	99,3
20	0,97	90,2	902,8	9,0	90,3
<b>Complemento Cuadro A. 13.</b>					
30	0,69	440,5	462,3	44,1	46,2
40	0,50	302,8	159,5	30,3	16,0
50	0,36	110,0	49,5	11,0	4,9
100	0,19	35,7	13,8	3,6	1,4
200	0,075	9,9	3,9	1,0	0,4
pasa 200		3,3	0,6	0,3	0,1

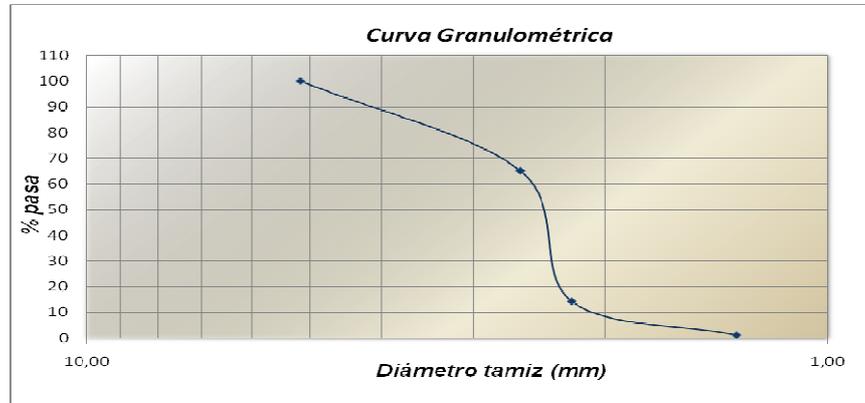
**Cuadro A. 14.** Análisis granulométrico mezcla tipo III, concentración 15%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
10	2,22	0	1000	0	100
16	1,33	6,1	993,9	0,6	99,4
20	0,97	86,3	907,6	8,6	90,8
30	0,69	431,9	475,7	43,2	47,6
40	0,50	316,6	159,1	31,7	15,9
50	0,36	113,0	46,1	11,3	4,6
100	0,19	32,6	13,5	3,3	1,4
200	0,075	11,0	2,5	1,1	0,3
pasa 200		2,0	0,5	0,2	0,1

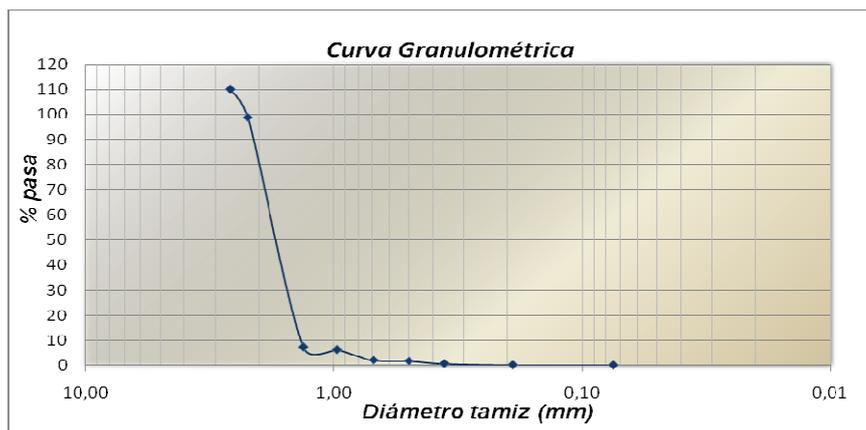
**Cuadro A. 15.** Análisis granulométrico mezcla tipo III, concentración 30%.

Tamiz No.	Abertura (mm)	w retenido	w pasante	% ret	% pasa
10	2,22	0	1000	0	100
16	1,33	5,7	994,3	0,6	99,4
20	0,97	80,8	913,5	8,1	91,4
30	0,69	428,1	485,4	42,8	48,5
40	0,50	320,9	164,5	32,1	16,5
50	0,36	117,4	47,1	11,7	4,7
100	0,19	41,7	5,4	4,2	0,5
200	0,075	4,0	1,4	0,4	0,1
pasa 200		0,2	1,2	0,0	0,1

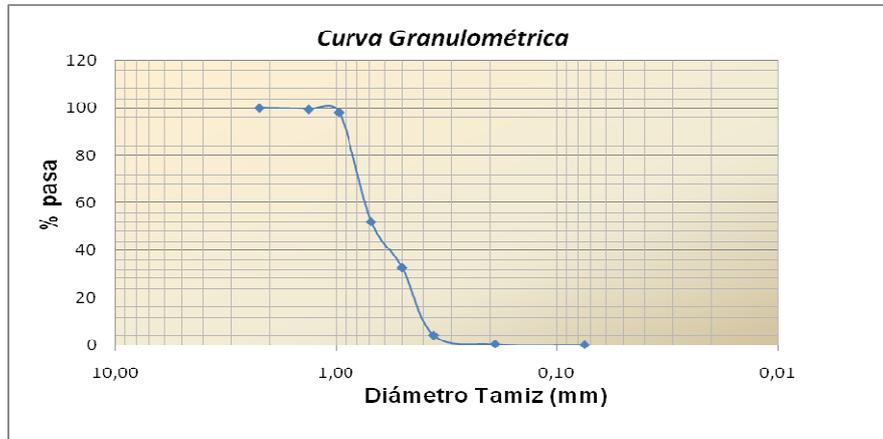
**Gráfica A. 1.** Curva granulométrica arena tipo I.



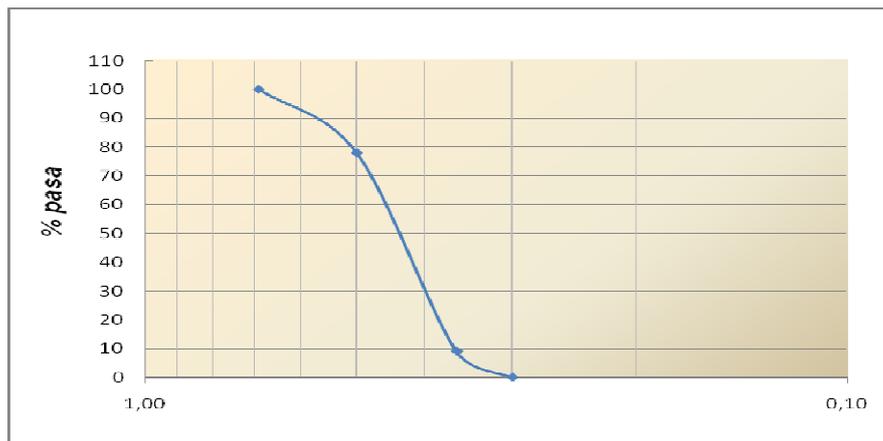
**Gráfica A. 2.** Curva granulométrica arena tipo II.



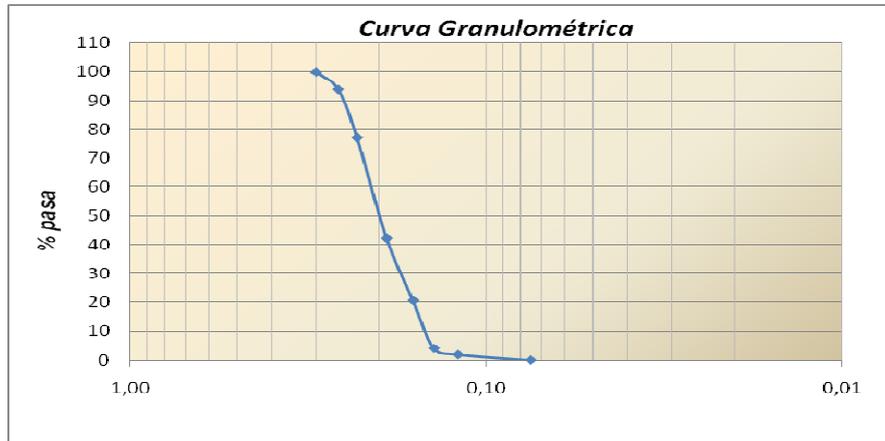
**Gráfica A. 3.** Curva granulométrica arena tipo III.



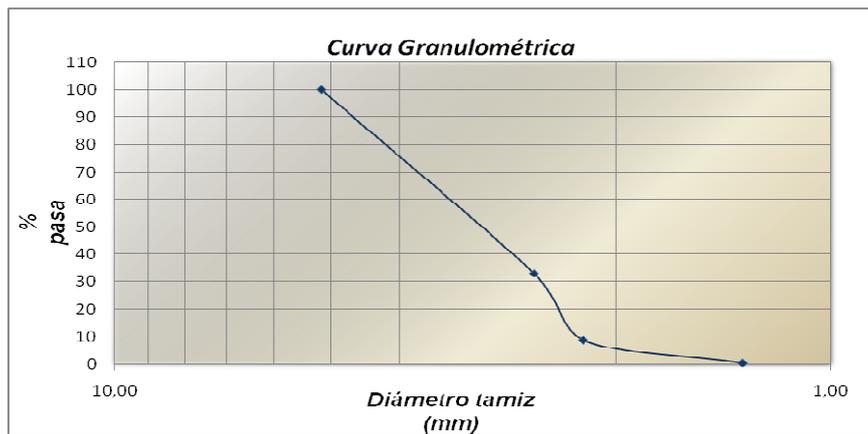
**Gráfica A. 4.** Curva granulométrica plomo tipo I.



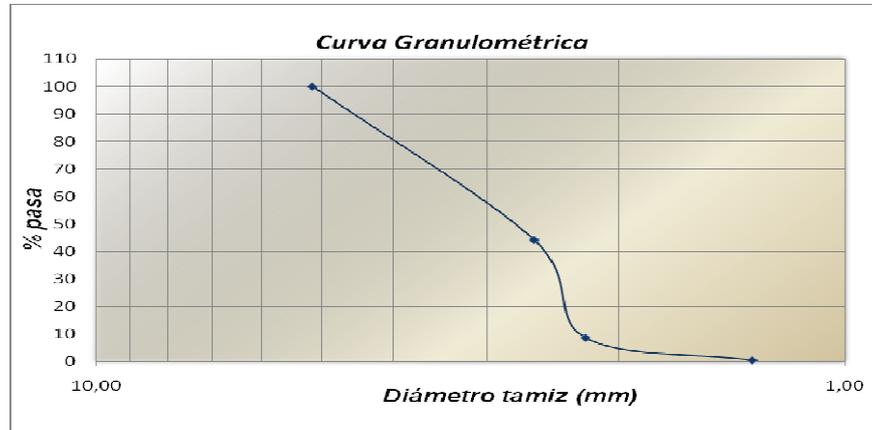
**Gráfica A. 5.** Curva granulométrica plomo tipo II.



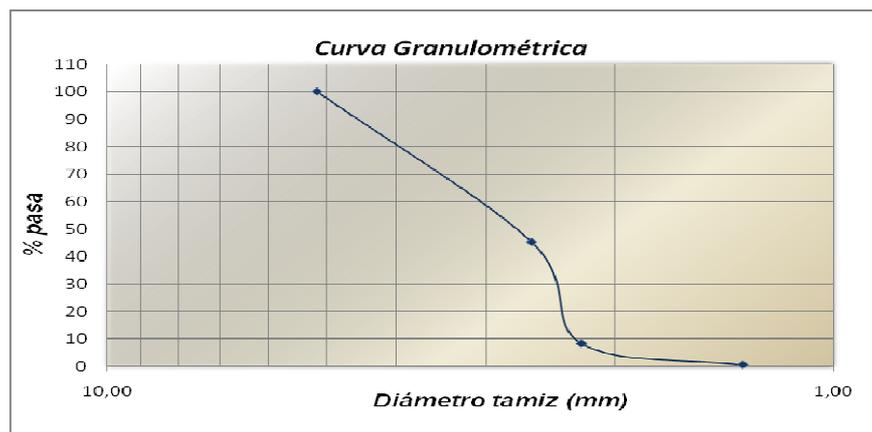
**Gráfica A. 6.** Curva granulométrica plomo tipo III.



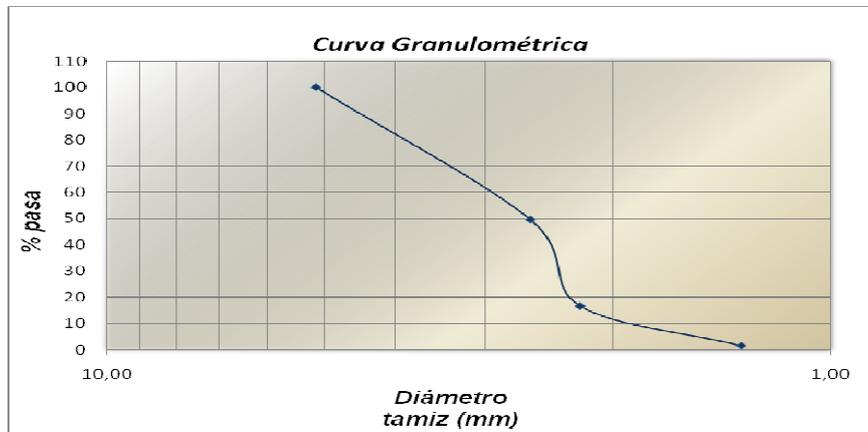
**Gráfica A. 7.** Curva granulométrica mezcla tipo I, concentración 5%.



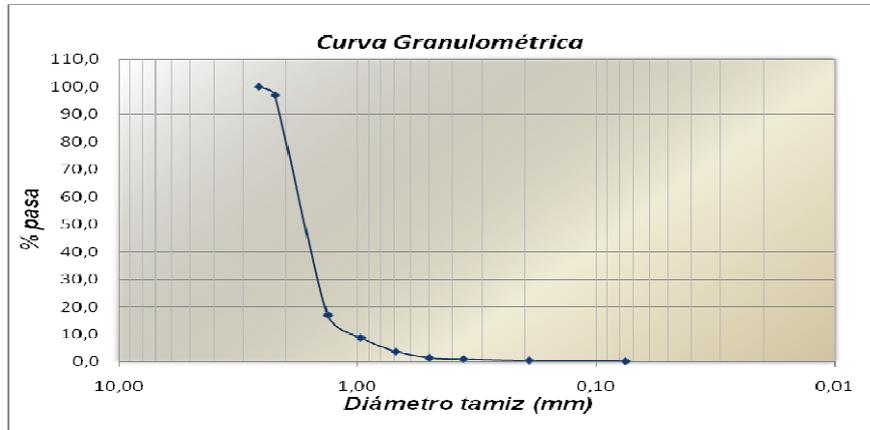
**Gráfica A. 8.** Curva granulométrica mezcla tipo I, concentración 15%.



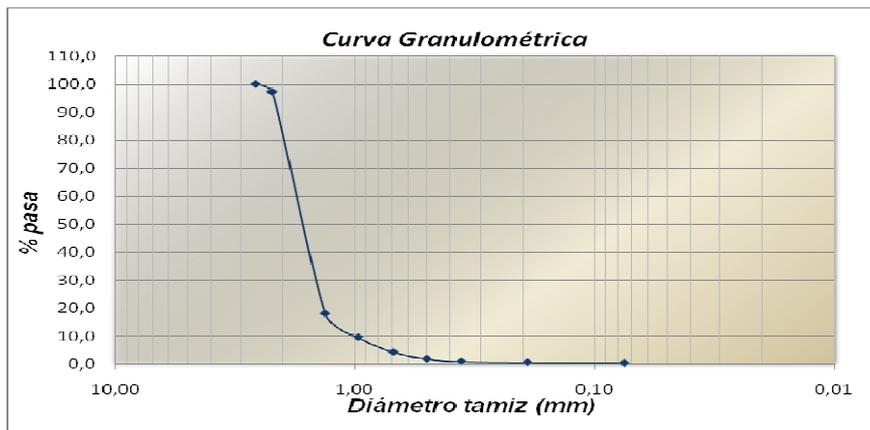
**Gráfica A. 9.** Curva granulométrica mezcla tipo I, concentración 30%.



**Gráfica A. 11.** Curva granulométrica mezcla tipo II, concentración 15%.

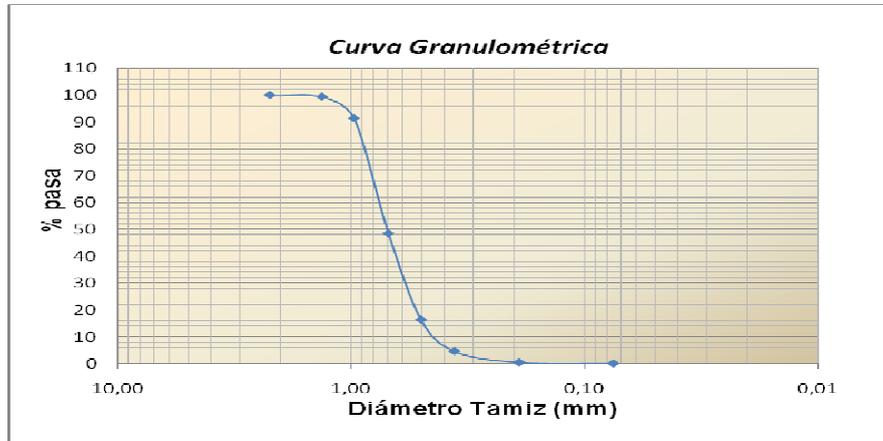


**Gráfica A. 12.** Curva granulométrica mezcla tipo II, concentración 30%.





**Gráfica A. 15.** Curva granulométrica mezcla tipo III, concentración 30%.



## Anexo B. Variables a cuantificar

En los cuadros B. 1. a B. 6. se muestra los datos tomados directamente en laboratorio de cada ensayo para velocidad de depósito y pérdida de energía, las fórmulas para la obtención de los resultados se describen en el numeral 5.3.

**Cuadro B. 1.** Variables para arena en canal circular.

		9,8066		1- Diámetro de partícula		5- Altura de la lámina de agua		9- Pendiente del canal								
		0,03285		2- Coeficiente de uniformidad		6- Diferencia de alturas en piezómetro		10- Caudal líquido								
		3,51		3, Coeficiente de contracción		7- Gravedad específica de sólidos		11- Caudal sólido								
				4- Temperatura del agua		8- Diferencia de alturas para pendiente		12- Caudal de mezcla								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bloque	Tratam	T de canal	Tamaño de agregados	QL agua	d50 [m]	CU [-]	CC [-]	OT [°C]	y [m]	ΔH Piez [m]	Gs [-]	ΔH regla [m]	S [m/m]	QL [m3/s]	QS [m3/s]	QM [m3/s]
1	1	Circular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0278	0,310	2,6231	0,175	0,0499	0,00062	2,850E-05	6,493E-04
1	2	Circular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,8	0,0283	0,318	2,6380	0,203	0,0578	0,00063	2,799E-05	6,553E-04
1	3	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0199	0,150	2,6343	0,359	0,1023	0,00046	2,901E-05	4,910E-04
1	4	Circular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	17,3	0,0149	0,021	2,6380	0,363	0,1034	0,00021	2,799E-05	2,355E-04
1	5	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,3	0,0216	0,170	2,6343	0,259	0,0738	0,00049	2,901E-05	5,152E-04
1	6	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,4	0,0239	0,168	2,6343	0,257	0,0732	0,00048	2,901E-05	5,128E-04
1	7	Circular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	17,6	0,0151	0,019	2,6231	0,322	0,0917	0,00020	2,850E-05	2,278E-04
1	8	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,5	0,0261	0,160	2,6343	0,243	0,0692	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
2	1	Circular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	18,0	0,0219	0,311	2,6231	0,246	0,0701	0,00062	2,850E-05	6,502E-04
2	2	Circular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	18,0	0,0277	0,313	2,6380	0,164	0,0467	0,00062	2,799E-05	6,513E-04
2	3	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,9	0,0218	0,169	2,6343	0,244	0,0695	0,00049	2,901E-05	5,140E-04
2	4	Circular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	17,9	0,0146	0,024	2,6380	0,186	0,0530	0,00022	2,799E-05	2,471E-04
2	5	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,9	0,0224	0,168	2,6343	0,264	0,0752	0,00048	2,901E-05	5,128E-04
2	6	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,9	0,0265	0,169	2,6343	0,167	0,0476	0,00049	2,901E-05	5,140E-04
2	7	Circular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	17,8	0,0155	0,022	2,6231	0,251	0,0715	0,00021	2,850E-05	2,400E-04
2	8	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,8	0,0252	0,161	2,6343	0,158	0,0450	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	1	Circular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0198	0,310	2,6231	0,365	0,1040	0,00062	2,850E-05	6,493E-04
1	1	Circular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0210	0,310	2,6231	0,298	0,0849	0,00062	2,850E-05	6,493E-04
1	1	Circular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0220	0,310	2,6231	0,290	0,0826	0,00062	2,850E-05	6,493E-04
1	1	Circular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0239	0,310	2,6231	0,252	0,0718	0,00062	2,850E-05	6,493E-04
1	1	Circular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0243	0,310	2,6231	0,212	0,0604	0,00062	2,850E-05	6,493E-04
1	1	Circular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0278	0,310	2,6231	0,175	0,0499	0,00062	2,850E-05	6,493E-04
1	2	Circular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,8	0,0200	0,318	2,6380	0,360	0,1026	0,00063	2,799E-05	6,553E-04
1	2	Circular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,8	0,0215	0,318	2,6380	0,331	0,0943	0,00063	2,799E-05	6,553E-04
1	2	Circular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,8	0,0220	0,318	2,6380	0,313	0,0892	0,00063	2,799E-05	6,553E-04

Complemento Cuadro B. 1.

1	2	Circular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,8	0,0244	0,318	2,6380	0,272	0,0775	0,00063	2,799E-05	6,553E-04
1	2	Circular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,8	0,0272	0,318	2,6380	0,292	0,0832	0,00063	2,799E-05	6,553E-04
1	2	Circular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,8	0,0283	0,318	2,6380	0,203	0,0578	0,00063	2,799E-05	6,553E-04
1	3	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0169	0,150	2,6343	0,462	0,1316	0,00046	2,901E-05	4,910E-04
1	3	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0175	0,150	2,6343	0,439	0,1251	0,00046	2,901E-05	4,910E-04
1	3	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0181	0,150	2,6343	0,421	0,1199	0,00046	2,901E-05	4,910E-04
1	3	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0187	0,150	2,6343	0,402	0,1145	0,00046	2,901E-05	4,910E-04
1	3	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0191	0,150	2,6343	0,379	0,1080	0,00046	2,901E-05	4,910E-04
1	3	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0199	0,150	2,6343	0,359	0,1023	0,00046	2,901E-05	4,910E-04
1	4	Circular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	17,3	0,0121	0,021	2,6380	0,446	0,1271	0,00021	2,799E-05	2,355E-04
1	4	Circular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	17,3	0,0125	0,021	2,6380	0,428	0,1219	0,00021	2,799E-05	2,355E-04
1	4	Circular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	17,3	0,0133	0,021	2,6380	0,416	0,1185	0,00021	2,799E-05	2,355E-04
1	4	Circular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	17,3	0,0143	0,021	2,6380	0,400	0,1140	0,00021	2,799E-05	2,355E-04
1	4	Circular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	17,3	0,0147	0,021	2,6380	0,383	0,1091	0,00021	2,799E-05	2,355E-04
1	4	Circular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	17,3	0,0149	0,021	2,6380	0,363	0,1034	0,00021	2,799E-05	2,355E-04
1	5	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,3	0,0173	0,170	2,6343	0,421	0,1199	0,00049	2,901E-05	5,152E-04
1	5	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,3	0,0187	0,170	2,6343	0,391	0,1114	0,00049	2,901E-05	5,152E-04
1	5	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,3	0,0193	0,170	2,6343	0,359	0,1023	0,00049	2,901E-05	5,152E-04
1	5	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,3	0,0205	0,170	2,6343	0,325	0,0926	0,00049	2,901E-05	5,152E-04
1	5	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,3	0,0210	0,170	2,6343	0,308	0,0877	0,00049	2,901E-05	5,152E-04
1	5	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,3	0,0216	0,170	2,6343	0,259	0,0738	0,00049	2,901E-05	5,152E-04
1	6	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,4	0,0179	0,168	2,6343	0,479	0,1365	0,00048	2,901E-05	5,128E-04
1	6	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,4	0,0187	0,168	2,6343	0,439	0,1251	0,00048	2,901E-05	5,128E-04
1	6	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,4	0,0212	0,168	2,6343	0,399	0,1137	0,00048	2,901E-05	5,128E-04
1	6	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,4	0,0222	0,168	2,6343	0,359	0,1023	0,00048	2,901E-05	5,128E-04
1	6	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,4	0,0234	0,168	2,6343	0,310	0,0883	0,00048	2,901E-05	5,128E-04
1	6	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,4	0,0239	0,168	2,6343	0,257	0,0732	0,00048	2,901E-05	5,128E-04
1	7	Circular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	17,6	0,0124	0,019	2,6231	0,490	0,1396	0,00020	2,850E-05	2,278E-04
1	7	Circular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	17,6	0,0129	0,019	2,6231	0,461	0,1313	0,00020	2,850E-05	2,278E-04
1	7	Circular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	17,6	0,0136	0,019	2,6231	0,431	0,1228	0,00020	2,850E-05	2,278E-04
1	7	Circular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	17,6	0,0142	0,019	2,6231	0,396	0,1128	0,00020	2,850E-05	2,278E-04
1	7	Circular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	17,6	0,0147	0,019	2,6231	0,362	0,1031	0,00020	2,850E-05	2,278E-04
1	7	Circular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	17,6	0,0151	0,019	2,6231	0,322	0,0917	0,00020	2,850E-05	2,278E-04
1	8	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,5	0,0180	0,160	2,6343	0,445	0,1268	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	8	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,5	0,0206	0,160	2,6343	0,406	0,1157	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	8	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,5	0,0215	0,160	2,6343	0,367	0,1046	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	8	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,5	0,0222	0,160	2,6343	0,323	0,0920	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	8	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,5	0,0250	0,160	2,6343	0,277	0,0789	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	8	Circular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	17,5	0,0281	0,160	2,6343	0,243	0,0692	0,00047	2,901E-05	5,033E-04

**Cuadro B. 2. Variables para plomo en canal circular.**

g (m/s <sup>2</sup> )		9,8066	1- Diámetro de partícula		5- Altura de la lámina de agua		9- Pendiente del canal									
D tubo (m)		0,03285	2- Coeficiente de uniformidad		6- Diferencia de alturas en piezómetro		10- Caudal líquido									
Longitud canal (m)		3,51	3- Coeficiente de contracción		7- Gravedad específica de sólidos		11- Caudal sólido									
			4- Temperatura del agua		8- Diferencia de alturas para pendiente		12- Caudal de mezcla									
Bloque	Tratam	T de canal	Tamaño de agregados	QL agua	1 d50 [m]	2 CU [-]	3 CC [-]	4 °T [°C]	5 y [m]	6 ΔH Piez [m]	7 Gs [-]	8 ΔH regla [m]	9 S [m/m]	10 QL [m <sup>3</sup> /s]	11 QS [m <sup>3</sup> /s]	12 QM [m <sup>3</sup> /s]
1	1	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0185	0,152	9,2136	0,109	0,0311	0,00046	1,628E-08	4,645E-04
1	2	Circular	-1.0	1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,5	0,0229	0,313	9,2136	0,176	0,0501	0,00062	1,346E-08	6,233E-04
1	3	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0206	0,166	9,2136	0,141	0,0402	0,00048	1,628E-08	4,815E-04
1	4	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0193	0,163	9,2136	0,210	0,0598	0,00048	1,628E-08	4,779E-04
1	5	Circular	1.0	-1.0	0,0120	0,0150	0,0107	18,0	0,0131	0,023	9,2136	0,277	0,0789	0,00022	1,281E-08	2,154E-04
1	6	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0203	0,168	9,2136	0,147	0,0419	0,00048	1,628E-08	4,839E-04
1	7	Circular	1.0	1.0	0,0120	0,0150	0,0107	18,0	0,0226	0,314	9,2136	0,161	0,0459	0,00062	1,281E-08	6,241E-04
1	8	Circular	-1.0	-1.0	0,0020	0,0131	0,0094	18,0	0,0122	0,018	9,2136	0,174	0,0496	0,00019	1,346E-08	1,950E-04
2	1	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,5	0,0219	0,165	9,2136	0,085	0,0242	0,00048	1,628E-08	4,803E-04
2	2	Circular	-1.0	1.0	0,0020	0,0131	0,0094	18,5	0,0238	0,308	9,2136	0,175	0,0499	0,00062	1,346E-08	6,192E-04
2	3	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0204	0,168	9,2136	0,118	0,0336	0,00048	1,628E-08	4,839E-04
2	4	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0236	0,167	9,2136	0,083	0,0236	0,00048	1,628E-08	4,827E-04
2	5	Circular	1.0	-1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,1	0,0116	0,022	9,2136	0,234	0,0667	0,00021	1,281E-08	2,115E-04
2	6	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,1	0,0257	0,162	9,2136	0,077	0,0219	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
2	7	Circular	1.0	1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,1	0,0234	0,309	9,2136	0,105	0,0299	0,00062	1,281E-08	6,200E-04
2	8	Circular	-1.0	-1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,1	0,0125	0,022	9,2136	0,207	0,0590	0,00021	1,346E-08	2,115E-04
1	1	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0127	0,152	9,2136	0,417	0,1188	0,00046	1,628E-08	4,645E-04
1	1	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0135	0,152	9,2136	0,355	0,1011	0,00046	1,628E-08	4,645E-04
1	1	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0151	0,152	9,2136	0,288	0,0821	0,00046	1,628E-08	4,645E-04
1	1	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0171	0,152	9,2136	0,225	0,0641	0,00046	1,628E-08	4,645E-04
1	1	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0194	0,152	9,2136	0,163	0,0464	0,00046	1,628E-08	4,645E-04
1	1	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0205	0,152	9,2136	0,109	0,0311	0,00046	1,628E-08	4,645E-04
1	2	Circular	-1.0	1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,5	0,0195	0,313	9,2136	0,424	0,1208	0,00062	1,346E-08	6,233E-04
1	2	Circular	-1.0	1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,5	0,0184	0,313	9,2136	0,374	0,1066	0,00062	1,346E-08	6,233E-04
1	2	Circular	-1.0	1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,5	0,0185	0,313	9,2136	0,323	0,0920	0,00062	1,346E-08	6,233E-04
1	2	Circular	-1.0	1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,5	0,0200	0,313	9,2136	0,280	0,0798	0,00062	1,346E-08	6,233E-04
1	2	Circular	-1.0	1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,5	0,0218	0,313	9,2136	0,218	0,0621	0,00062	1,346E-08	6,233E-04
1	2	Circular	-1.0	1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,5	0,0229	0,313	9,2136	0,176	0,0501	0,00062	1,346E-08	6,233E-04
1	3	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0129	0,166	9,2136	0,430	0,1225	0,00048	1,628E-08	4,815E-04
1	3	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0130	0,166	9,2136	0,369	0,1051	0,00048	1,628E-08	4,815E-04
1	3	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0150	0,166	9,2136	0,294	0,0838	0,00048	1,628E-08	4,815E-04
1	3	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0170	0,166	9,2136	0,259	0,0738	0,00048	1,628E-08	4,815E-04
1	3	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0171	0,166	9,2136	0,199	0,0567	0,00048	1,628E-08	4,815E-04
1	3	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,5	0,0206	0,166	9,2136	0,141	0,0402	0,00048	1,628E-08	4,815E-04
1	4	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0131	0,163	9,2136	0,448	0,1276	0,00048	1,628E-08	4,779E-04
1	4	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0145	0,163	9,2136	0,392	0,1117	0,00048	1,628E-08	4,779E-04
1	4	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0156	0,163	9,2136	0,353	0,1006	0,00048	1,628E-08	4,779E-04
1	4	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0157	0,163	9,2136	0,305	0,0869	0,00048	1,628E-08	4,779E-04
1	4	Circular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	18,0	0,0162	0,163	9,2136	0,254	0,0724	0,00048	1,628E-08	4,779E-04

Complemento Cuadro B. 2.

1	4	Circular	0.0	0.0	0,0127	0,0096	18,0	0,0193	0,163	9,2136	0,210	0,0598	0,00048	1,628E-08	4,779E-04
1	5	Circular	1.0	-1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0091	0,023	9,2136	0,427	0,1217	0,00022	1,281E-08	2,154E-04
1	5	Circular	1.0	-1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0095	0,023	9,2136	0,402	0,1145	0,00022	1,281E-08	2,154E-04
1	5	Circular	1.0	-1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0096	0,023	9,2136	0,368	0,1048	0,00022	1,281E-08	2,154E-04
1	5	Circular	1.0	-1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0116	0,023	9,2136	0,336	0,0957	0,00022	1,281E-08	2,154E-04
1	5	Circular	1.0	-1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0121	0,023	9,2136	0,301	0,0858	0,00022	1,281E-08	2,154E-04
1	5	Circular	1.0	-1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0131	0,023	9,2136	0,277	0,0789	0,00022	1,281E-08	2,154E-04
1	6	Circular	0.0	0.0	0,0127	0,0096	18,0	0,0130	0,168	9,2136	0,452	0,1288	0,00048	1,628E-08	4,839E-04
1	6	Circular	0.0	0.0	0,0127	0,0096	18,0	0,0140	0,168	9,2136	0,393	0,1120	0,00048	1,628E-08	4,839E-04
1	6	Circular	0.0	0.0	0,0127	0,0096	18,0	0,0151	0,168	9,2136	0,330	0,0940	0,00048	1,628E-08	4,839E-04
1	6	Circular	0.0	0.0	0,0127	0,0096	18,0	0,0164	0,168	9,2136	0,263	0,0749	0,00048	1,628E-08	4,839E-04
1	6	Circular	0.0	0.0	0,0127	0,0096	18,0	0,0167	0,168	9,2136	0,202	0,0575	0,00048	1,628E-08	4,839E-04
1	6	Circular	0.0	0.0	0,0127	0,0096	18,0	0,0203	0,168	9,2136	0,147	0,0419	0,00048	1,628E-08	4,839E-04
1	7	Circular	1.0	1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0141	0,314	9,2136	0,441	0,1256	0,00062	1,281E-08	6,241E-04
1	7	Circular	1.0	1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0154	0,314	9,2136	0,377	0,1074	0,00062	1,281E-08	6,241E-04
1	7	Circular	1.0	1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0169	0,314	9,2136	0,319	0,0909	0,00062	1,281E-08	6,241E-04
1	7	Circular	1.0	1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0184	0,314	9,2136	0,276	0,0786	0,00062	1,281E-08	6,241E-04
1	7	Circular	1.0	1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0212	0,314	9,2136	0,213	0,0607	0,00062	1,281E-08	6,241E-04
1	7	Circular	1.0	1.0	0,0150	0,0107	18,0	0,0226	0,314	9,2136	0,161	0,0459	0,00062	1,281E-08	6,241E-04
1	8	Circular	-1.0	-1.0	0,0131	0,0094	18,0	0,0094	0,018	9,2136	0,429	0,1222	0,00019	1,346E-08	1,950E-04
1	8	Circular	-1.0	-1.0	0,0131	0,0094	18,0	0,0100	0,018	9,2136	0,382	0,1088	0,00019	1,346E-08	1,950E-04
1	8	Circular	-1.0	-1.0	0,0131	0,0094	18,0	0,0103	0,018	9,2136	0,325	0,0926	0,00019	1,346E-08	1,950E-04
1	8	Circular	-1.0	-1.0	0,0131	0,0094	18,0	0,0109	0,018	9,2136	0,268	0,0764	0,00019	1,346E-08	1,950E-04
1	8	Circular	-1.0	-1.0	0,0131	0,0094	18,0	0,0119	0,018	9,2136	0,217	0,0618	0,00019	1,346E-08	1,950E-04
1	8	Circular	-1.0	-1.0	0,0131	0,0094	18,0	0,0122	0,018	9,2136	0,174	0,0496	0,00019	1,346E-08	1,950E-04

Cuadro B. 3. Variables para mezcla (arena – plomo) en canal circular.

g (m/s <sup>2</sup> )		9,8066	1- Diámetro de p		5- Altura de la lámina de agua				9- Pendiente del canal							
D tubo (m)		0,03285	2- Coeficiente de d		6- Diferencia de alturas en piezómetro				10- Caudal líquido							
Longitud canal (m)		3,51	3- Coeficiente de h		7- Gravedad específica de sólidos				11- Caudal sólido							
			4- Temperatura d		8- Diferencia de alturas para pendiente				12- Caudal de mezcla							
Bloque	Tratam	T de canal	C <sub>WM</sub>	QL agua	C <sub>WM</sub>	CU	CC	°T	y	ΔH Piez	Gs	ΔH regla	S	QL	QS	QM
								[°C]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m/m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
M1	1	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0165	0,022	4,6003	0,292	0,0832	0,00021	1,625E-05	2,278E-04
M1	2	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0171	0,161	3,6117	0,249	0,0709	0,00048	2,070E-05	4,962E-04
M1	3	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0226	0,316	4,6003	0,174	0,0496	0,00063	1,625E-05	6,420E-04
M1	4	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0173	0,163	3,6117	0,196	0,0558	0,00048	2,070E-05	4,986E-04
M1	5	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,5	0,0171	0,158	3,6117	0,205	0,0584	0,00047	2,070E-05	4,926E-04
M1	6	Circular	-1,0	1,0	0,05	0,0143	0,0076	16,5	0,0254	0,322	2,9526	0,133	0,0379	0,00063	2,532E-05	6,558E-04
M1	7	Circular	-1,0	-1,0	0,05	0,0143	0,0076	16,5	0,0188	0,019	2,9526	0,258	0,0735	0,00020	2,532E-05	2,246E-04
M2	8	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0190	0,0126	16,6	0,0154	0,020	4,6081	0,266	0,0758	0,00020	1,658E-05	2,201E-04
M2	9	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0175	0,0121	16,6	0,0149	0,165	3,6212	0,181	0,0516	0,00048	2,110E-05	5,014E-04
M2	10	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0190	0,0126	16,6	0,0226	0,316	4,6081	0,173	0,0493	0,00063	1,658E-05	6,423E-04
M2	11	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0175	0,0121	16,6	0,0171	0,166	3,6212	0,228	0,0650	0,00048	2,110E-05	5,026E-04
M2	12	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0175	0,0121	16,6	0,0171	0,167	3,6212	0,208	0,0593	0,00048	2,110E-05	5,038E-04
M2	13	Circular	-1,0	1,0	0,05	0,0162	0,0124	16,7	0,0253	0,328	2,9633	0,176	0,0501	0,00064	2,579E-05	6,611E-04
M2	14	Circular	-1,0	-1,0	0,05	0,0162	0,0124	16,7	0,0167	0,021	2,9633	0,250	0,0712	0,00021	2,579E-05	2,333E-04
M3	15	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0167	0,0096	16,8	0,0150	0,023	4,6107	0,262	0,0746	0,00022	1,601E-05	2,314E-04
M3	16	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0167	0,0095	16,8	0,0173	0,167	3,6243	0,194	0,0553	0,00048	2,037E-05	5,030E-04
M3	17	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0167	0,0096	16,8	0,0262	0,313	4,6107	0,151	0,0430	0,00062	1,601E-05	6,393E-04
M3	18	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0167	0,0095	16,9	0,0174	0,159	3,6243	0,201	0,0573	0,00047	2,037E-05	4,935E-04
M3	19	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0167	0,0095	16,9	0,0175	0,162	3,6243	0,167	0,0476	0,00048	2,037E-05	4,971E-04
M3	20	Circular	-1,0	1,0	0,05	0,0168	0,0094	16,9	0,0256	0,320	2,9667	0,128	0,0365	0,00063	2,489E-05	6,538E-04
M3	21	Circular	-1,0	-1,0	0,05	0,0168	0,0094	16,9	0,0167	0,022	2,9667	0,295	0,0840	0,00021	2,489E-05	2,364E-04
M1	1	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0134	0,022	4,6003	0,389	0,1108	0,00021	1,625E-05	2,278E-04
M1	1	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0140	0,022	4,6003	0,372	0,1060	0,00021	1,625E-05	2,278E-04
M1	1	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0147	0,022	4,6003	0,363	0,1034	0,00021	1,625E-05	2,278E-04
M1	1	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0152	0,022	4,6003	0,343	0,0977	0,00021	1,625E-05	2,278E-04
M1	1	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0154	0,022	4,6003	0,328	0,0934	0,00021	1,625E-05	2,278E-04
M1	1	Circular	1,0	-1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0165	0,022	4,6003	0,292	0,0832	0,00021	1,625E-05	2,278E-04
M1	2	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0154	0,161	3,6117	0,431	0,1228	0,00048	2,070E-05	4,962E-04
M1	2	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0156	0,161	3,6117	0,397	0,1131	0,00048	2,070E-05	4,962E-04
M1	2	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0161	0,161	3,6117	0,354	0,1009	0,00048	2,070E-05	4,962E-04
M1	2	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0165	0,161	3,6117	0,315	0,0897	0,00048	2,070E-05	4,962E-04
M1	2	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0168	0,161	3,6117	0,282	0,0803	0,00048	2,070E-05	4,962E-04
M1	2	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0171	0,161	3,6117	0,249	0,0709	0,00048	2,070E-05	4,962E-04
M1	3	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0152	0,316	4,6003	0,391	0,1114	0,00063	1,625E-05	6,420E-04
M1	3	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0165	0,316	4,6003	0,336	0,0957	0,00063	1,625E-05	6,420E-04
M1	3	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0182	0,316	4,6003	0,291	0,0829	0,00063	1,625E-05	6,420E-04
M1	3	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0196	0,316	4,6003	0,236	0,0672	0,00063	1,625E-05	6,420E-04
M1	3	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0211	0,316	4,6003	0,202	0,0575	0,00063	1,625E-05	6,420E-04
M1	3	Circular	1,0	1,0	0,30	0,0155	0,0107	16,4	0,0226	0,316	4,6003	0,174	0,0496	0,00063	1,625E-05	6,420E-04
M1	4	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0138	0,163	3,6117	0,396	0,1128	0,00048	2,070E-05	4,986E-04
M1	4	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0145	0,163	3,6117	0,350	0,0997	0,00048	2,070E-05	4,986E-04
M1	4	Circular	0,0	0,0	0,15	0,0142	0,0085	16,4	0,0151	0,163	3,6117	0,301	0,0858	0,00048	2,070E-05	4,986E-04

Complemento Cuadro B. 3.

M1	4	Circular	0,0	0,0	0,15	16,4	0,0151	0,163	3,6117	0,301	0,0858	0,00048	2,070E-05	4,986E-04
M1	4	Circular	0,0	0,0	0,15	16,4	0,0159	0,163	3,6117	0,258	0,0735	0,00048	2,070E-05	4,986E-04
M1	4	Circular	0,0	0,0	0,15	16,4	0,0165	0,163	3,6117	0,221	0,0630	0,00048	2,070E-05	4,986E-04
M1	4	Circular	0,0	0,0	0,15	16,4	0,0173	0,163	3,6117	0,196	0,0558	0,00048	2,070E-05	4,986E-04
M1	5	Circular	0,0	0,0	0,15	16,5	0,0146	0,158	3,6117	0,402	0,1145	0,00047	2,070E-05	4,926E-04
M1	5	Circular	0,0	0,0	0,15	16,5	0,0151	0,158	3,6117	0,367	0,1046	0,00047	2,070E-05	4,926E-04
M1	5	Circular	0,0	0,0	0,15	16,5	0,0157	0,158	3,6117	0,324	0,0923	0,00047	2,070E-05	4,926E-04
M1	5	Circular	0,0	0,0	0,15	16,5	0,0162	0,158	3,6117	0,283	0,0806	0,00047	2,070E-05	4,926E-04
M1	5	Circular	0,0	0,0	0,15	16,5	0,0166	0,158	3,6117	0,250	0,0712	0,00047	2,070E-05	4,926E-04
M1	5	Circular	0,0	0,0	0,15	16,5	0,0171	0,158	3,6117	0,205	0,0584	0,00047	2,070E-05	4,926E-04
M1	6	Circular	-1,0	1,0	0,05	16,5	0,0169	0,322	2,9526	0,384	0,1094	0,00063	2,532E-05	6,558E-04
M1	6	Circular	-1,0	1,0	0,05	16,5	0,0181	0,322	2,9526	0,333	0,0949	0,00063	2,532E-05	6,558E-04
M1	6	Circular	-1,0	1,0	0,05	16,5	0,0193	0,322	2,9526	0,279	0,0795	0,00063	2,532E-05	6,558E-04
M1	6	Circular	-1,0	1,0	0,05	16,5	0,0215	0,322	2,9526	0,231	0,0658	0,00063	2,532E-05	6,558E-04
M1	6	Circular	-1,0	1,0	0,05	16,5	0,0246	0,322	2,9526	0,175	0,0499	0,00063	2,532E-05	6,558E-04
M1	6	Circular	-1,0	1,0	0,05	16,5	0,0254	0,322	2,9526	0,133	0,0379	0,00063	2,532E-05	6,558E-04
M1	7	Circular	-1,0	-1,0	0,05	16,5	0,0133	0,019	2,9526	0,390	0,1111	0,00020	2,532E-05	2,246E-04
M1	7	Circular	-1,0	-1,0	0,05	16,5	0,0140	0,019	2,9526	0,363	0,1034	0,00020	2,532E-05	2,246E-04
M1	7	Circular	-1,0	-1,0	0,05	16,5	0,0147	0,019	2,9526	0,339	0,0966	0,00020	2,532E-05	2,246E-04
M1	7	Circular	-1,0	-1,0	0,05	16,5	0,0155	0,019	2,9526	0,312	0,0889	0,00020	2,532E-05	2,246E-04
M1	7	Circular	-1,0	-1,0	0,05	16,5	0,0162	0,019	2,9526	0,288	0,0821	0,00020	2,532E-05	2,246E-04
M1	7	Circular	-1,0	-1,0	0,05	16,5	0,0168	0,019	2,9526	0,258	0,0735	0,00020	2,532E-05	2,246E-04

**Cuadro B. 4. Variables para arena en canal rectangular.**

g (m/s <sup>2</sup> )		9,8066	1- Diámetro de partícula		5- Altura de la lámina de agua					9- Pendiente del canal						
L ancho base del canal (m)		0,0481	2- Coeficiente de uniformidad		6- Diferencia de alturas en piezómetro					10- Caudal líquido						
Longitud canal (m)		3,51	3- Coeficiente de contracción		7- Gravedad específica de sólidos					11- Caudal sólido						
			4- Temperatura del agua		8- Diferencia de alturas para pendiente					12- Caudal de mezcla						
Bloque	Tratam	T de canal	Tamaño de agregado	Ql agua	1 d50 [m]	2 CU [-]	3 CC [-]	4 T [°C]	5 y [m]	6 ΔH Piez [m]	7 Gs [s]	8 ΔH regla [m]	9 S [m/m]	10 QL [m <sup>3</sup> /s]	11 QS [m <sup>3</sup> /s]	12 QM [m <sup>3</sup> /s]
1	1	Rectangular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,6	0,0167	0,323	2,6231	0,032	0,0091	0,00063	2,850E-05	6,598E-04
1	2	Rectangular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0246	0,320	2,6380	0,097	0,0276	0,00063	2,799E-05	6,569E-04
1	3	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0183	0,161	2,6343	0,079	0,0225	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	4	Rectangular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0134	0,022	2,6380	0,235	0,0670	0,00021	2,799E-05	2,395E-04
1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0188	0,160	2,6343	0,072	0,0205	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	6	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0218	0,161	2,6343	0,069	0,0197	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	7	Rectangular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,6	0,0140	0,021	2,6231	0,187	0,0533	0,00021	2,850E-05	2,361E-04
1	8	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,6	0,0211	0,158	2,6343	0,041	0,0117	0,00047	2,901E-05	5,009E-04
2	9	Rectangular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0155	0,318	2,6231	0,074	0,0211	0,00063	2,850E-05	6,558E-04
2	10	Rectangular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0279	0,321	2,6380	0,025	0,0071	0,00063	2,799E-05	6,577E-04
2	11	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0189	0,160	2,6343	0,059	0,0168	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
2	12	Rectangular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,8	0,0140	0,022	2,6380	0,149	0,0425	0,00021	2,799E-05	2,395E-04
2	13	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0189	0,163	2,6343	0,081	0,0231	0,00048	2,901E-05	5,069E-04
2	14	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0219	0,162	2,6343	0,036	0,0103	0,00048	2,901E-05	5,057E-04
2	15	Rectangular	1,0	-1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,8	0,0145	0,022	2,6231	0,210	0,0598	0,00021	2,850E-05	2,400E-04
2	16	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,8	0,0205	0,158	2,6343	0,060	0,0171	0,00047	2,901E-05	5,009E-04
1	1	Rectangular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,6	0,0167	0,323	2,6231	0,350	0,0997	0,00063	2,850E-05	6,598E-04
1	1	Rectangular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,6	0,0180	0,323	2,6231	0,289	0,0823	0,00063	2,850E-05	6,598E-04
1	1	Rectangular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,6	0,0196	0,323	2,6231	0,223	0,0635	0,00063	2,850E-05	6,598E-04
1	1	Rectangular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,6	0,0205	0,323	2,6231	0,155	0,0442	0,00063	2,850E-05	6,598E-04
1	1	Rectangular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,6	0,0228	0,323	2,6231	0,082	0,0234	0,00063	2,850E-05	6,598E-04
1	1	Rectangular	1,0	1,0	0,0230	0,0120	0,0097	16,6	0,0265	0,323	2,6231	0,032	0,0091	0,00063	2,850E-05	6,598E-04
1	2	Rectangular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0154	0,320	2,6380	0,376	0,1071	0,00063	2,799E-05	6,569E-04
1	2	Rectangular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0168	0,320	2,6380	0,322	0,0917	0,00063	2,799E-05	6,569E-04
1	2	Rectangular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0187	0,320	2,6380	0,259	0,0738	0,00063	2,799E-05	6,569E-04
1	2	Rectangular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0213	0,320	2,6380	0,200	0,0570	0,00063	2,799E-05	6,569E-04
1	2	Rectangular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0228	0,320	2,6380	0,150	0,0427	0,00063	2,799E-05	6,569E-04
1	2	Rectangular	-1,0	1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0246	0,320	2,6380	0,097	0,0276	0,00063	2,799E-05	6,569E-04
1	3	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0133	0,161	2,6343	0,353	0,1006	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	3	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0143	0,161	2,6343	0,292	0,0832	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	3	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0153	0,161	2,6343	0,237	0,0675	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	3	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0163	0,161	2,6343	0,175	0,0499	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	3	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0173	0,161	2,6343	0,131	0,0373	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	3	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0183	0,161	2,6343	0,079	0,0225	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	4	Rectangular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0114	0,022	2,6380	0,389	0,1108	0,00021	2,799E-05	2,395E-04
1	4	Rectangular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0124	0,022	2,6380	0,368	0,1048	0,00021	2,799E-05	2,395E-04
1	4	Rectangular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0129	0,022	2,6380	0,322	0,0917	0,00021	2,799E-05	2,395E-04
1	4	Rectangular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0130	0,022	2,6380	0,289	0,0823	0,00021	2,799E-05	2,395E-04
1	4	Rectangular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0134	0,022	2,6380	0,258	0,0735	0,00021	2,799E-05	2,395E-04
1	4	Rectangular	-1,0	-1,0	0,0069	0,0190	0,0075	16,7	0,0134	0,022	2,6380	0,235	0,0670	0,00021	2,799E-05	2,395E-04
1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0158	0,160	2,6343	0,352	0,1003	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,0175	0,0135	0,0099	16,7	0,0163	0,160	2,6343	0,295	0,0840	0,00047	2,901E-05	5,033E-04

Complemento Cuadro B. 4.

1	5	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0168	0,160	2,6343	0,238	0,0678	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	5	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0175	0,160	2,6343	0,183	0,0521	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	5	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0178	0,160	2,6343	0,126	0,0359	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	5	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0188	0,160	2,6343	0,072	0,0205	0,00047	2,901E-05	5,033E-04
1	6	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0149	0,161	2,6343	0,347	0,0989	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	6	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0159	0,161	2,6343	0,282	0,0803	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	6	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0167	0,161	2,6343	0,228	0,0650	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	6	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0185	0,161	2,6343	0,173	0,0493	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	6	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0199	0,161	2,6343	0,122	0,0348	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	6	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,7	0,0218	0,161	2,6343	0,069	0,0197	0,00048	2,901E-05	5,045E-04
1	7	Rectanguar	1,0	-1,0	0,0097	16,6	0,0110	0,021	2,6231	0,370	0,1054	0,00021	2,850E-05	2,361E-04
1	7	Rectanguar	1,0	-1,0	0,0097	16,6	0,0110	0,021	2,6231	0,330	0,0940	0,00021	2,850E-05	2,361E-04
1	7	Rectanguar	1,0	-1,0	0,0097	16,6	0,0120	0,021	2,6231	0,301	0,0858	0,00021	2,850E-05	2,361E-04
1	7	Rectanguar	1,0	-1,0	0,0097	16,6	0,0130	0,021	2,6231	0,262	0,0746	0,00021	2,850E-05	2,361E-04
1	7	Rectanguar	1,0	-1,0	0,0097	16,6	0,0130	0,021	2,6231	0,228	0,0650	0,00021	2,850E-05	2,361E-04
1	7	Rectanguar	1,0	-1,0	0,0097	16,6	0,0140	0,021	2,6231	0,187	0,0533	0,00021	2,850E-05	2,361E-04
1	8	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,6	0,0147	0,158	2,6343	0,338	0,0963	0,00047	2,901E-05	5,009E-04
1	8	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,6	0,0157	0,158	2,6343	0,274	0,0781	0,00047	2,901E-05	5,009E-04
1	8	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,6	0,0172	0,158	2,6343	0,208	0,0593	0,00047	2,901E-05	5,009E-04
1	8	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,6	0,0187	0,158	2,6343	0,144	0,0410	0,00047	2,901E-05	5,009E-04
1	8	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,6	0,0199	0,158	2,6343	0,079	0,0225	0,00047	2,901E-05	5,009E-04
1	8	Rectanguar	0,0	0,0	0,0099	16,6	0,0211	0,158	2,6343	0,041	0,0117	0,00047	2,901E-05	5,009E-04

**Cuadro B. 5. Variables para plomo en canal rectangular.**

<b>g (m/s<sup>2</sup>)</b>		9,8066	1- Diámetro		5- Altura de la lámina de agua					9- Pendiente del canal				
<b>L ancho base del canal (m)</b>		0,0481	2- Coeficiente		6- Diferencia de alturas en piezómetro					10- Caudal líquido				
<b>Longitud canal (m)</b>		3,51	3- Coeficiente		7- Gravedad específica de sólidos					11- Caudal sólido				
			4- Temperatura		8- Diferencia de alturas para pendiente					12- Caudal de mezcla				
<b>Bloque</b>	<b>Tratam</b>	<b>T de canal</b>	<b>Tamaño de agregado</b>	<b>QL agua</b>	<b>3 CC [-]</b>	<b>4 °T [°C]</b>	<b>5 y [m]</b>	<b>6 ΔH Piez [m]</b>	<b>7 Gs [-]</b>	<b>8 ΔH regla [m]</b>	<b>9 S [m/m]</b>	<b>10 QL [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>11 QS [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>12 QM [m<sup>3</sup>/s]</b>
1	1	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0213	0,162	9,2136	0,062	0,0177	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	2	Rectangular	-1.0	1.0	0,0094	16,9	0,0298	0,318	9,2136	0,020	0,0057	0,00063	1,346E-08	6,273E-04
1	3	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0189	0,161	9,2136	0,082	0,0234	0,00048	1,628E-08	4,755E-04
1	4	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0186	0,162	9,2136	0,069	0,0197	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	5	Rectangular	1.0	-1.0	0,0107	17,3	0,0183	0,020	9,2136	0,064	0,0182	0,00020	1,281E-08	2,035E-04
1	6	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	17,1	0,0217	0,158	9,2136	0,049	0,0140	0,00047	1,628E-08	4,719E-04
1	7	Rectangular	1.0	1.0	0,0107	17,1	0,0284	0,317	9,2136	0,170	0,0484	0,00063	1,281E-08	6,265E-04
1	8	Rectangular	-1.0	-1.0	0,0094	17,1	0,0126	0,019	9,2136	0,163	0,0464	0,00020	1,346E-08	1,993E-04
2	1	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0219	0,158	9,2136	0,091	0,0259	0,00047	1,628E-08	4,719E-04
2	2	Rectangular	-1.0	1.0	0,0094	16,9	0,0299	0,323	9,2136	0,019	0,0054	0,00063	1,346E-08	6,313E-04
2	3	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0185	0,160	9,2136	0,133	0,0379	0,00047	1,628E-08	4,743E-04
2	4	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0186	0,161	9,2136	0,081	0,0231	0,00048	1,628E-08	4,755E-04
2	5	Rectangular	1.0	-1.0	0,0107	16,9	0,0180	0,019	9,2136	0,038	0,0108	0,00020	1,281E-08	1,993E-04
2	6	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0215	0,157	9,2136	0,065	0,0197	0,00047	1,628E-08	4,707E-04
2	7	Rectangular	1.0	1.0	0,0107	16,8	0,0281	0,321	9,2136	0,089	0,0254	0,00063	1,281E-08	6,297E-04
2	8	Rectangular	-1.0	-1.0	0,0094	16,8	0,0133	0,020	9,2136	0,165	0,0470	0,00020	1,346E-08	2,035E-04
1	1	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0161	0,162	9,2136	0,364	0,1037	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	1	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0170	0,162	9,2136	0,302	0,0860	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	1	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0177	0,162	9,2136	0,240	0,0684	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	1	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0187	0,162	9,2136	0,188	0,0536	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	1	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0199	0,162	9,2136	0,116	0,0330	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	1	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,9	0,0213	0,162	9,2136	0,062	0,0177	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	2	Rectangular	-1.0	1.0	0,0094	16,9	0,0224	0,318	9,2136	0,351	0,1000	0,00063	1,346E-08	6,273E-04
1	2	Rectangular	-1.0	1.0	0,0094	16,9	0,0235	0,318	9,2136	0,290	0,0826	0,00063	1,346E-08	6,273E-04
1	2	Rectangular	-1.0	1.0	0,0094	16,9	0,0255	0,318	9,2136	0,214	0,0610	0,00063	1,346E-08	6,273E-04
1	2	Rectangular	-1.0	1.0	0,0094	16,9	0,0275	0,318	9,2136	0,144	0,0410	0,00063	1,346E-08	6,273E-04
1	2	Rectangular	-1.0	1.0	0,0094	16,9	0,0285	0,318	9,2136	0,076	0,0217	0,00063	1,346E-08	6,273E-04
1	2	Rectangular	-1.0	1.0	0,0094	16,9	0,0298	0,318	9,2136	0,020	0,0057	0,00063	1,346E-08	6,273E-04
1	3	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0139	0,161	9,2136	0,354	0,1009	0,00048	1,628E-08	4,755E-04
1	3	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0139	0,161	9,2136	0,291	0,0829	0,00048	1,628E-08	4,755E-04
1	3	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0149	0,161	9,2136	0,235	0,0670	0,00048	1,628E-08	4,755E-04
1	3	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0159	0,161	9,2136	0,187	0,0533	0,00048	1,628E-08	4,755E-04
1	3	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0169	0,161	9,2136	0,136	0,0387	0,00048	1,628E-08	4,755E-04
1	3	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0189	0,161	9,2136	0,082	0,0234	0,00048	1,628E-08	4,755E-04
1	4	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0136	0,162	9,2136	0,365	0,1040	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	4	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0146	0,162	9,2136	0,294	0,0838	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	4	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0166	0,162	9,2136	0,241	0,0687	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	4	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0166	0,162	9,2136	0,183	0,0521	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	4	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0176	0,162	9,2136	0,127	0,0362	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	4	Rectangular	0.0	0.0	0,0096	16,8	0,0186	0,162	9,2136	0,069	0,0197	0,00048	1,628E-08	4,767E-04
1	5	Rectangular	1.0	-1.0	0,0107	17,3	0,0133	0,020	9,2136	0,342	0,0974	0,00020	1,281E-08	2,035E-04

Complemento Cuadro B. 5.

1	5	Rectangular	1.0	-1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,3	0,0138	0,020	9,2136	0,272	0,0775	0,00020	1,281E-08	2,035E-04
1	5	Rectangular	1.0	-1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,3	0,0143	0,020	9,2136	0,211	0,0601	0,00020	1,281E-08	2,035E-04
1	5	Rectangular	1.0	-1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,3	0,0153	0,020	9,2136	0,164	0,0467	0,00020	1,281E-08	2,035E-04
1	5	Rectangular	1.0	-1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,3	0,0168	0,020	9,2136	0,106	0,0302	0,00020	1,281E-08	2,035E-04
1	5	Rectangular	1.0	-1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,3	0,0183	0,020	9,2136	0,064	0,0182	0,00020	1,281E-08	2,035E-04
1	6	Rectangular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,1	0,0157	0,158	9,2136	0,350	0,0997	0,00047	1,628E-08	4,719E-04
1	6	Rectangular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,1	0,0167	0,158	9,2136	0,289	0,0823	0,00047	1,628E-08	4,719E-04
1	6	Rectangular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,1	0,0177	0,158	9,2136	0,229	0,0652	0,00047	1,628E-08	4,719E-04
1	6	Rectangular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,1	0,0187	0,158	9,2136	0,166	0,0473	0,00047	1,628E-08	4,719E-04
1	6	Rectangular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,1	0,0197	0,158	9,2136	0,102	0,0291	0,00047	1,628E-08	4,719E-04
1	6	Rectangular	0.0	0.0	0,0044	0,0127	0,0096	17,1	0,0217	0,158	9,2136	0,049	0,0140	0,00047	1,628E-08	4,719E-04
1	7	Rectangular	1.0	1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,1	0,0194	0,317	9,2136	0,370	0,1054	0,00063	1,281E-08	6,265E-04
1	7	Rectangular	1.0	1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,1	0,0204	0,317	9,2136	0,324	0,0923	0,00063	1,281E-08	6,265E-04
1	7	Rectangular	1.0	1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,1	0,0224	0,317	9,2136	0,280	0,0798	0,00063	1,281E-08	6,265E-04
1	7	Rectangular	1.0	1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,1	0,0239	0,317	9,2136	0,237	0,0675	0,00063	1,281E-08	6,265E-04
1	7	Rectangular	1.0	1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,1	0,0250	0,317	9,2136	0,205	0,0584	0,00063	1,281E-08	6,265E-04
1	7	Rectangular	1.0	1.0	0,0120	0,0150	0,0107	17,1	0,0264	0,317	9,2136	0,170	0,0484	0,00063	1,281E-08	6,265E-04
1	8	Rectangular	-1.0	-1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,1	0,0096	0,019	9,2136	0,369	0,1051	0,00020	1,346E-08	1,993E-04
1	8	Rectangular	-1.0	-1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,1	0,0096	0,019	9,2136	0,325	0,0926	0,00020	1,346E-08	1,993E-04
1	8	Rectangular	-1.0	-1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,1	0,0098	0,019	9,2136	0,285	0,0812	0,00020	1,346E-08	1,993E-04
1	8	Rectangular	-1.0	-1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,1	0,0106	0,019	9,2136	0,242	0,0689	0,00020	1,346E-08	1,993E-04
1	8	Rectangular	-1.0	-1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,1	0,0116	0,019	9,2136	0,198	0,0564	0,00020	1,346E-08	1,993E-04
1	8	Rectangular	-1.0	-1.0	0,0020	0,0131	0,0094	17,1	0,0126	0,019	9,2136	0,163	0,0464	0,00020	1,346E-08	1,993E-04

**Cuadro B. 6. Variables para mezcla (arena – plomo) en canal rectangular.**

		9,8066	1- Diámetro de partícula		5- Altura de la lámina de agua			9- Pendiente del canal									
g (m/s <sup>2</sup> )		9,8066															
L ancho base del canal (m)		0,0481	2- Coeficiente de uniformidad		6- Diferencia de alturas en piezómetro			10- Caudal líquido									
Longitud canal (m)		3,51	3- Coeficiente de contracción		7- Gravedad específica de sólidos			11- Caudal sólido									
			4- Temperatura del agua		8- Diferencia de alturas para pendiente			12- Caudal de mezcla									
Bloque	Tratam	T de canal	C <sub>wm</sub>	QL agua	C <sub>wm</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						d50	CU	CC	°T	y	ΔH Piez	Gs	ΔH regla	S	QL	QS	QM
						[m]	[-]	[-]	[°C]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m/m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
M1	1	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,7	0,0110	0,023	4,6003	0,280	0,0798	0,00022	1,625E-05	2,316E-04
M1	2	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0180	0,168	3,6117	0,091	0,0259	0,00048	2,070E-05	5,045E-04
M1	3	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,5	0,0190	0,320	4,6003	0,102	0,0291	0,00063	1,625E-05	6,452E-04
M1	4	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,5	0,0179	0,162	3,6117	0,105	0,0299	0,00048	2,070E-05	4,974E-04
M1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0180	0,167	3,6117	0,070	0,0199	0,00048	2,070E-05	5,034E-04
M1	6	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0187	0,321	2,9526	0,075	0,0214	0,00063	2,532E-05	6,550E-04
M1	7	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0130	0,022	2,9526	0,216	0,0615	0,00021	2,532E-05	2,368E-04
M2	8	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0180	0,0190	0,0126	16,8	0,0130	0,021	4,6081	0,309	0,0880	0,00021	1,658E-05	2,241E-04
M2	9	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0182	0,0175	0,0121	16,9	0,0120	0,159	3,6212	0,191	0,0544	0,00047	2,110E-05	4,942E-04
M2	10	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0180	0,0190	0,0126	16,9	0,0190	0,327	4,6081	0,146	0,0416	0,00063	1,658E-05	6,511E-04
M2	11	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0182	0,0175	0,0121	17,0	0,0165	0,168	3,6212	0,196	0,0558	0,00048	2,110E-05	5,049E-04
M2	12	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0182	0,0175	0,0121	17,0	0,0165	0,166	3,6212	0,170	0,0484	0,00048	2,110E-05	5,026E-04
M2	13	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0184	0,0162	0,0124	17,1	0,0180	0,325	2,9633	0,114	0,0325	0,00063	2,579E-05	6,587E-04
M2	14	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0184	0,0162	0,0124	17,1	0,0126	0,021	2,9633	0,341	0,0972	0,00021	2,579E-05	2,333E-04
M3	15	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0069	0,0167	0,0096	17,2	0,0130	0,023	4,6107	0,343	0,0977	0,00022	1,601E-05	2,314E-04
M3	16	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0070	0,0167	0,0095	17,2	0,0160	0,161	3,6243	0,222	0,0632	0,00048	2,037E-05	4,959E-04
M3	17	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0069	0,0167	0,0096	17,3	0,0188	0,326	4,6107	0,243	0,0692	0,00063	1,601E-05	6,497E-04
M3	18	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0070	0,0167	0,0095	17,3	0,0161	0,168	3,6243	0,211	0,0601	0,00048	2,037E-05	5,042E-04
M3	19	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0070	0,0167	0,0095	17,3	0,0160	0,163	3,6243	0,223	0,0635	0,00048	2,037E-05	4,983E-04
M3	20	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0072	0,0168	0,0094	17,4	0,0175	0,318	2,9667	0,159	0,0453	0,00063	2,489E-05	6,522E-04
M3	21	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0072	0,0168	0,0094	17,4	0,0130	0,025	2,9667	0,342	0,0974	0,00022	2,489E-05	2,477E-04
M1	1	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,7	0,0110	0,023	4,6003	0,403	0,1148	0,00022	1,625E-05	2,316E-04
M1	1	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,7	0,0120	0,023	4,6003	0,379	0,1080	0,00022	1,625E-05	2,316E-04
M1	1	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,7	0,0125	0,023	4,6003	0,354	0,1009	0,00022	1,625E-05	2,316E-04
M1	1	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,7	0,0128	0,023	4,6003	0,329	0,0937	0,00022	1,625E-05	2,316E-04
M1	1	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,7	0,0132	0,023	4,6003	0,306	0,0872	0,00022	1,625E-05	2,316E-04
M1	1	Rectangular	1,0	-1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,7	0,0134	0,023	4,6003	0,280	0,0798	0,00022	1,625E-05	2,316E-04
M1	2	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0150	0,168	3,6117	0,359	0,1023	0,00048	2,070E-05	5,045E-04
M1	2	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0160	0,168	3,6117	0,295	0,0840	0,00048	2,070E-05	5,045E-04
M1	2	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0163	0,168	3,6117	0,243	0,0692	0,00048	2,070E-05	5,045E-04
M1	2	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0167	0,168	3,6117	0,182	0,0519	0,00048	2,070E-05	5,045E-04
M1	2	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0170	0,168	3,6117	0,140	0,0399	0,00048	2,070E-05	5,045E-04
M1	2	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0180	0,168	3,6117	0,091	0,0259	0,00048	2,070E-05	5,045E-04
M1	3	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,5	0,0150	0,320	4,6003	0,406	0,1157	0,00063	1,625E-05	6,452E-04
M1	3	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,5	0,0160	0,320	4,6003	0,334	0,0952	0,00063	1,625E-05	6,452E-04
M1	3	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,5	0,0165	0,320	4,6003	0,279	0,0795	0,00063	1,625E-05	6,452E-04
M1	3	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,5	0,0170	0,320	4,6003	0,216	0,0615	0,00063	1,625E-05	6,452E-04
M1	3	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,5	0,0180	0,320	4,6003	0,159	0,0453	0,00063	1,625E-05	6,452E-04
M1	3	Rectangular	1,0	1,0	0,30	0,0270	0,0155	0,0107	16,5	0,0190	0,320	4,6003	0,102	0,0291	0,00063	1,625E-05	6,452E-04
M1	4	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,5	0,0150	0,162	3,6117	0,372	0,1060	0,00048	2,070E-05	4,974E-04
M1	4	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,5	0,0155	0,162	3,6117	0,327	0,0932	0,00048	2,070E-05	4,974E-04
M1	4	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,5	0,0160	0,162	3,6117	0,267	0,0761	0,00048	2,070E-05	4,974E-04

Complemento Cuadro B. 6.

M1	4	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,5	0,0163	0,162	3,6117	0,211	0,0601	0,00048	2,070E-05	4,974E-04
M1	4	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,5	0,0170	0,162	3,6117	0,170	0,0484	0,00048	2,070E-05	4,974E-04
M1	4	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,5	0,0179	0,162	3,6117	0,105	0,0299	0,00048	2,070E-05	4,974E-04
M1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0130	0,167	3,6117	0,364	0,1037	0,00048	2,070E-05	5,034E-04
M1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0140	0,167	3,6117	0,392	0,1117	0,00048	2,070E-05	5,034E-04
M1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0150	0,167	3,6117	0,212	0,0604	0,00048	2,070E-05	5,034E-04
M1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0170	0,167	3,6117	0,129	0,0368	0,00048	2,070E-05	5,034E-04
M1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0175	0,167	3,6117	0,105	0,0299	0,00048	2,070E-05	5,034E-04
M1	5	Rectangular	0,0	0,0	0,15	0,0280	0,0142	0,0085	16,6	0,0180	0,167	3,6117	0,070	0,0199	0,00048	2,070E-05	5,034E-04
M1	6	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0150	0,321	2,9526	0,378	0,1077	0,00063	2,532E-05	6,550E-04
M1	6	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0160	0,321	2,9526	0,303	0,0863	0,00063	2,532E-05	6,550E-04
M1	6	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0170	0,321	2,9526	0,229	0,0652	0,00063	2,532E-05	6,550E-04
M1	6	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0175	0,321	2,9526	0,163	0,0464	0,00063	2,532E-05	6,550E-04
M1	6	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0180	0,321	2,9526	0,094	0,0268	0,00063	2,532E-05	6,550E-04
M1	6	Rectangular	-1,0	1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0187	0,321	2,9526	0,075	0,0214	0,00063	2,532E-05	6,550E-04
M1	7	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0110	0,022	2,9526	0,398	0,1134	0,00021	2,532E-05	2,368E-04
M1	7	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0113	0,022	2,9526	0,352	0,1003	0,00021	2,532E-05	2,368E-04
M1	7	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0117	0,022	2,9526	0,312	0,0889	0,00021	2,532E-05	2,368E-04
M1	7	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0120	0,022	2,9526	0,279	0,0795	0,00021	2,532E-05	2,368E-04
M1	7	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0125	0,022	2,9526	0,246	0,0701	0,00021	2,532E-05	2,368E-04
M1	7	Rectangular	-1,0	-1,0	0,05	0,0285	0,0143	0,0076	16,9	0,0130	0,022	2,9526	0,216	0,0615	0,00021	2,532E-05	2,368E-04

### Anexo C. Proceso matemático

En los cuadros C. 1. a C. 6. se muestra los valores que se obtienen del proceso matemático para velocidad de depósito y pérdida de energía, las fórmulas para la obtención de los resultados y la simbología se describen en el numeral 5.3.

**Cuadro C. 1.** Proceso matemático para velocidad de depósito con arena en canal circular.

Bloque	Tratam	C %	pw [kg/m3]	ps [kg/m3]	pm [kg/m3]	Ss [-]	Δ [-]	v'w [m2/s]	v'm [m2/s]	d* [-]	d** [-]	Rs [-]	Rm [-]	n [-]	Vs [m/s]
1	1	4,39	998,58	2623,09	1069,87	2,623	1,627	1,1004E-06	1,178E-06	543,234	499,794	14334,83	12636,40	2,293	0,686
1	2	4,27	998,58	2637,96	1068,59	2,638	1,642	1,1004E-06	1,176E-06	163,466	150,705	2297,94	2026,99	2,358	0,366
1	3	5,91	998,58	2634,31	1095,21	2,634	1,638	1,1004E-06	1,207E-06	414,280	370,033	9509,32	8011,45	2,291	0,598
1	4	11,88	998,49	2637,96	1193,29	2,638	1,642	1,0866E-06	1,322E-06	164,851	130,661	2328,02	1624,99	2,290	0,367
1	5	5,63	998,49	2634,31	1090,60	2,634	1,638	1,0866E-06	1,187E-06	417,789	375,183	9631,75	8181,38	2,293	0,598
1	6	5,66	998,47	2634,31	1091,00	2,634	1,638	1,0839E-06	1,184E-06	418,492	375,626	9656,31	8196,05	2,293	0,598
1	7	12,51	998,43	2623,09	1201,70	2,623	1,627	1,0785E-06	1,328E-06	550,600	431,007	14629,84	10097,49	2,219	0,686
1	8	5,76	998,45	2634,31	1092,73	2,634	1,638	1,0812E-06	1,184E-06	419,194	375,475	9680,91	8191,02	2,292	0,598
2	1	4,38	998,36	2623,09	1069,57	2,623	1,627	1,0678E-06	1,143E-06	554,289	510,015	14778,35	13029,59	2,293	0,686
2	2	4,30	998,36	2637,96	1068,82	2,638	1,642	1,0678E-06	1,141E-06	166,793	153,693	2370,42	2089,41	2,356	0,367
2	3	5,64	998,38	2634,31	1090,71	2,634	1,639	1,0705E-06	1,169E-06	422,007	378,875	9779,57	8303,90	2,293	0,598
2	4	11,32	998,38	2637,96	1184,05	2,638	1,642	1,0705E-06	1,290E-06	166,515	133,493	2364,35	1679,99	2,294	0,367
2	5	5,66	998,38	2634,31	1090,92	2,634	1,639	1,0705E-06	1,170E-06	422,007	378,780	9779,57	8300,74	2,293	0,598
2	6	5,64	998,38	2634,31	1090,71	2,634	1,639	1,0705E-06	1,169E-06	422,007	378,875	9779,57	8303,90	2,293	0,598
2	7	11,87	998,40	2623,09	1191,29	2,623	1,627	1,0731E-06	1,306E-06	552,444	438,165	14704,01	10352,76	2,224	0,686
2	8	5,75	998,40	2634,31	1092,46	2,634	1,639	1,0731E-06	1,174E-06	421,304	377,464	9754,86	8257,00	2,292	0,598
1	1	4,4	998,58	2623,09	1069,87	2,623	1,627	1,1004E-06	1,178E-06	543,234	499,794	14334,83	12636,40	2,293	0,686
1	1	4,4	998,58	2623,09	1069,87	2,623	1,627	1,1004E-06	1,178E-06	543,234	499,794	14334,83	12636,40	2,293	0,686
1	1	4,4	998,58	2623,09	1069,87	2,623	1,627	1,1004E-06	1,178E-06	543,234	499,794	14334,83	12636,40	2,293	0,686
1	1	4,4	998,58	2623,09	1069,87	2,623	1,627	1,1004E-06	1,178E-06	543,234	499,794	14334,83	12636,40	2,293	0,686
1	1	4,4	998,58	2623,09	1069,87	2,623	1,627	1,1004E-06	1,178E-06	543,234	499,794	14334,83	12636,40	2,293	0,686
1	2	4,3	998,58	2637,96	1068,59	2,638	1,642	1,1004E-06	1,176E-06	163,466	150,705	2297,94	2026,99	2,358	0,366
1	2	4,3	998,58	2637,96	1068,59	2,638	1,642	1,1004E-06	1,176E-06	163,466	150,705	2297,94	2026,99	2,358	0,366
1	2	4,3	998,58	2637,96	1068,59	2,638	1,642	1,1004E-06	1,176E-06	163,466	150,705	2297,94	2026,99	2,358	0,366
1	2	4,3	998,58	2637,96	1068,59	2,638	1,642	1,1004E-06	1,176E-06	163,466	150,705	2297,94	2026,99	2,358	0,366
1	2	4,3	998,58	2637,96	1068,59	2,638	1,642	1,1004E-06	1,176E-06	163,466	150,705	2297,94	2026,99	2,358	0,366
1	2	4,3	998,58	2637,96	1068,59	2,638	1,642	1,1004E-06	1,176E-06	163,466	150,705	2297,94	2026,99	2,358	0,366

Complemento Cuadro C. 1.

CD	C'D	$\Delta$	RH	A	Vc	fm	Ch	NRm	e/D	fw	fs=fm-fw	fs/fw	no	x	n	Nm	FL
[-]	[-]	[rad]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1,026	1,028	4,672	0,00997	0,000765	0,8489	0,0541	38,077	28737,5	0,0000376	0,0237	0,03038	1,280391	0,009	0,15373	0,00992	0,1819	0,753
1,088	1,096	4,758	0,00994	0,000777	0,8439	0,0633	35,202	28529,7	0,0000377	0,0238	0,03954	1,663464	0,009	0,13851	0,00985	0,1798	0,746
1,034	1,038	3,568	0,00916	0,000537	0,9143	0,0880	29,864	27759,5	0,0000409	0,0239	0,06403	2,675396	0,009	0,39422	0,01087	0,2270	0,842
1,087	1,111	2,956	0,00770	0,000374	0,6302	0,1573	22,335	14677,6	0,0000487	0,0280	0,12922	4,606975	0,009	0,54642	0,01131	0,1828	0,633
1,034	1,037	3,783	0,00951	0,000591	0,8718	0,0724	32,910	27946,0	0,0000394	0,0239	0,04854	2,031753	0,009	0,34247	0,01070	0,2078	0,789
1,034	1,037	4,087	0,00984	0,000661	0,7764	0,0938	28,923	25804,2	0,0000381	0,0243	0,06944	2,852043	0,009	0,27245	0,01044	0,1765	0,690
1,025	1,033	2,980	0,00777	0,000380	0,5989	0,1559	22,435	14019,8	0,0000483	0,0284	0,12749	4,491937	0,009	0,54033	0,01129	0,1724	0,601
1,033	1,037	4,401	0,00999	0,000722	0,6970	0,1117	26,506	23531,9	0,0000375	0,0249	0,08677	3,485781	0,009	0,20548	0,01017	0,1528	0,615
1,025	1,027	3,826	0,00957	0,000601	1,0809	0,0450	41,738	36203,5	0,0000392	0,0225	0,02254	1,002298	0,009	0,33212	0,01066	0,2557	0,978
1,086	1,094	4,655	0,00997	0,000763	0,8541	0,0501	39,563	29852,8	0,0000376	0,0235	0,02660	1,131318	0,009	0,15677	0,00994	0,1832	0,753
1,033	1,037	3,808	0,00955	0,000597	0,8608	0,0703	33,416	28106,6	0,0000393	0,0239	0,04640	1,944788	0,009	0,33638	0,01068	0,2042	0,777
1,086	1,109	2,919	0,00759	0,000364	0,6791	0,0684	33,857	15990,1	0,0000494	0,0274	0,04100	1,494238	0,009	0,55556	0,01133	0,1992	0,687
1,033	1,037	3,886	0,00964	0,000616	0,8330	0,0820	30,930	27474,9	0,0000389	0,0240	0,05802	2,418827	0,009	0,31811	0,01061	0,1951	0,748
1,033	1,037	4,462	0,01000	0,000733	0,7016	0,0758	32,173	23987,7	0,0000375	0,0248	0,05101	2,058878	0,009	0,19330	0,01011	0,1529	0,619
1,025	1,032	3,029	0,00791	0,000393	0,6101	0,1192	25,658	14780,8	0,0000474	0,0280	0,09118	3,257060	0,009	0,52816	0,01126	0,1731	0,607
1,033	1,037	4,269	0,00995	0,000698	0,7232	0,0672	34,171	24508,6	0,0000377	0,0246	0,04254	1,725679	0,009	0,23288	0,01028	0,1608	0,639
1,026	1,028	3,555	0,00914	0,000534	1,2163	0,0504	39,450	37758,4	0,0000410	0,0223	0,02813	1,262214	0,009	0,39726	0,01088	0,3027	1,126
1,026	1,028	3,706	0,00940	0,000572	1,1350	0,0486	40,182	36223,7	0,0000399	0,0225	0,02610	1,160369	0,009	0,36073	0,01076	0,2743	1,036
1,026	1,028	3,834	0,00958	0,000603	1,0763	0,0536	38,255	35013,9	0,0000391	0,0227	0,03094	1,365283	0,009	0,33029	0,01066	0,2543	0,973
1,026	1,028	4,087	0,00984	0,000661	0,9830	0,0574	36,982	32851,6	0,0000381	0,0230	0,03437	1,494281	0,009	0,27245	0,01044	0,2235	0,877
1,026	1,028	4,142	0,00988	0,000672	0,9660	0,0502	39,543	32414,6	0,0000380	0,0231	0,02710	1,174881	0,009	0,26027	0,01039	0,2181	0,860
1,026	1,028	4,672	0,00997	0,000765	0,8489	0,0541	38,077	28737,5	0,0000376	0,0237	0,03038	1,280391	0,009	0,15373	0,00992	0,1819	0,753
1,088	1,096	3,580	0,00919	0,000540	1,2129	0,0502	39,513	37911,4	0,0000408	0,0223	0,02799	1,257161	0,009	0,39117	0,01086	0,3003	1,115
1,088	1,096	3,770	0,00949	0,000588	1,1149	0,0565	37,262	36006,6	0,0000395	0,0225	0,03398	1,508998	0,009	0,34551	0,01071	0,2663	1,008
1,088	1,096	3,834	0,00958	0,000603	1,0861	0,0568	37,161	35402,1	0,0000391	0,0226	0,03420	1,512997	0,009	0,33029	0,01066	0,2566	0,978
1,088	1,096	4,156	0,00989	0,000675	0,9707	0,0638	35,065	32664,4	0,0000379	0,0230	0,04078	1,770876	0,009	0,25723	0,01038	0,2187	0,860
1,088	1,096	4,573	0,00999	0,000750	0,8733	0,0855	30,291	29685,0	0,0000375	0,0235	0,06195	2,630935	0,009	0,17199	0,01001	0,1885	0,770
1,088	1,096	4,758	0,00994	0,000777	0,8439	0,0633	35,202	28529,7	0,0000377	0,0238	0,03954	1,663464	0,009	0,13851	0,00985	0,1798	0,746

**Cuadro C. 2.** Proceso matemático para velocidad de depósito con plomo en canal circular.

Bloque	Tratam	C %	pw [kg/m3]	ps [kg/m3]	pm [kg/m3]	Ss [-]	Δ [-]	v <sub>w</sub> [m2/s]	v <sub>m</sub> [m2/s]	d* [-]	d* <sup>1</sup> [-]	Rs [-]	Rm [-]	n [-]	Vs [m/s]	Vsm [m/s]
1	1	0,004	998,45	9213,65	998,74	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	180,490	180,465	2.676,67	2.676,08	5,768	0,65773	0,65759
1	2	0,002	998,45	9213,65	998,63	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	82,041	82,034	783,81	783,70	5,953	0,42372	0,42367
1	3	0,003	998,45	9213,65	998,73	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	180,490	180,465	2.676,67	2.676,10	5,768	0,65773	0,65760
1	4	0,003	998,36	9213,65	998,64	9,214	8,229	1,0678E-06	1,068E-06	182,002	181,976	2.711,21	2.710,63	5,767	0,65797	0,65784
1	5	0,006	998,36	9213,65	998,85	9,214	8,229	1,0678E-06	1,068E-06	496,368	496,248	12.505,51	12.500,92	5,669	1,11279	1,11242
1	6	0,003	998,36	9213,65	998,64	9,214	8,229	1,0678E-06	1,068E-06	182,002	181,977	2.711,21	2.710,64	5,767	0,65797	0,65784
1	7	0,002	998,36	9213,65	998,53	9,214	8,229	1,0678E-06	1,068E-06	496,368	496,326	12.505,51	12.503,93	5,670	1,11279	1,11266
1	8	0,007	998,36	9213,65	998,93	9,214	8,229	1,0678E-06	1,068E-06	82,728	82,705	794,22	793,87	5,950	0,42404	0,42386
2	1	0,003	998,26	9213,65	998,54	9,214	8,230	1,0547E-06	1,055E-06	183,515	183,490	2.745,95	2.745,36	5,766	0,65821	0,65808
2	2	0,002	998,26	9213,65	998,44	9,214	8,230	1,0547E-06	1,055E-06	83,416	83,408	804,69	804,58	5,949	0,42435	0,42429
2	3	0,003	998,36	9213,65	998,64	9,214	8,229	1,0678E-06	1,068E-06	182,002	181,977	2.711,21	2.710,64	5,767	0,65797	0,65784
2	4	0,003	998,36	9213,65	998,64	9,214	8,229	1,0678E-06	1,068E-06	182,002	181,977	2.711,21	2.710,64	5,767	0,65797	0,65784
2	5	0,006	998,53	9213,65	999,02	9,214	8,227	1,0921E-06	1,092E-06	488,953	488,832	12.223,78	12.219,22	5,670	1,11245	1,11207
2	6	0,003	998,53	9213,65	998,81	9,214	8,227	1,0921E-06	1,092E-06	179,283	179,258	2.649,17	2.648,61	5,769	0,65753	0,65740
2	7	0,002	998,53	9213,65	998,69	9,214	8,227	1,0921E-06	1,092E-06	488,953	488,912	12.223,78	12.222,22	5,670	1,11245	1,11232
2	8	0,006	998,53	9213,65	999,05	9,214	8,227	1,0921E-06	1,092E-06	81,492	81,471	775,52	775,20	5,954	0,42347	0,42331
1	1	0,004	998,45	9213,65	998,74	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	180,490	180,465	2676,67	2676,08	5,768	0,65773	0,65759
1	1	0,004	998,45	9213,65	998,74	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	180,490	180,465	2676,67	2676,08	5,768	0,65773	0,65759
1	1	0,004	998,45	9213,65	998,74	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	180,490	180,465	2676,67	2676,08	5,768	0,65773	0,65759
1	1	0,004	998,45	9213,65	998,74	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	180,490	180,465	2676,67	2676,08	5,768	0,65773	0,65759
1	1	0,004	998,45	9213,65	998,74	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	180,490	180,465	2676,67	2676,08	5,768	0,65773	0,65759
1	1	0,004	998,45	9213,65	998,74	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	180,490	180,465	2676,67	2676,08	5,768	0,65773	0,65759
1	2	0,002	998,45	9213,65	998,63	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	82,041	82,034	783,81	783,70	5,953	0,42372	0,42367
1	2	0,002	998,45	9213,65	998,63	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	82,041	82,034	783,81	783,70	5,953	0,42372	0,42367
1	2	0,002	998,45	9213,65	998,63	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	82,041	82,034	783,81	783,70	5,953	0,42372	0,42367
1	2	0,002	998,45	9213,65	998,63	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	82,041	82,034	783,81	783,70	5,953	0,42372	0,42367
1	2	0,002	998,45	9213,65	998,63	9,214	8,228	1,0812E-06	1,081E-06	82,041	82,034	783,81	783,70	5,953	0,42372	0,42367

Complemento Cuadro C. 2.

CD	C'D	Δ	RH	A	Vc	fm	Ch	NRm	e/D	fw	fs=fm-fw	fs/fw	no	x	n	Nm	FL
[-]	[-]	[rad]	[m]	[m2]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]				[-]	[-]
1,079	1,07945	3,64183	0,00929	0,000556	0,8356	0,0324	49,185	28,729,9	0,0000403	0,0237	0,00869	0,366	0,009	0,37624	0,01081	0,2044	0,3411
1,183	1,18304	3,95797	0,00972	0,000632	0,9859	0,0394	44,650	35,470,0	0,0000386	0,0226	0,01676	0,742	0,009	0,30153	0,01055	0,2284	0,3935
1,079	1,07945	3,65965	0,00932	0,000560	0,8591	0,0398	44,393	29,633,9	0,0000402	0,0236	0,01624	0,689	0,009	0,37193	0,01080	0,2094	0,3502
1,079	1,07877	3,49004	0,00902	0,000517	0,9248	0,0495	39,817	31,230,8	0,0000416	0,0233	0,02620	1,126	0,009	0,41333	0,01093	0,2334	0,3833
1,028	1,02820	2,72841	0,00700	0,000314	0,6863	0,0921	29,190	18,003,7	0,0000535	0,0266	0,06544	2,457	0,009	0,60256	0,01143	0,2143	0,3227
1,079	1,07877	3,61983	0,00926	0,000550	0,8792	0,0393	44,652	30,483,6	0,0000405	0,0234	0,01594	0,681	0,009	0,38158	0,01083	0,2160	0,3596
1,028	1,02820	3,91292	0,00968	0,000622	1,0036	0,0346	47,641	36,375,3	0,0000388	0,0225	0,01210	0,539	0,009	0,31191	0,01059	0,2341	0,4016
1,181	1,18143	2,61661	0,00664	0,000285	0,6832	0,0553	37,658	16,990,4	0,0000565	0,0270	0,02829	1,046	0,009	0,62974	0,01148	0,2220	0,3300
1,078	1,07810	3,81551	0,00956	0,000599	0,8021	0,0282	52,726	29,066,2	0,0000392	0,0237	0,00455	0,192	0,009	0,33469	0,01067	0,1901	0,3229
1,180	1,17977	4,06641	0,00983	0,000656	0,9436	0,0432	42,634	35,160,6	0,0000382	0,0226	0,02052	0,906	0,009	0,27695	0,01046	0,2152	0,3747
1,079	1,07877	3,63116	0,00928	0,000553	0,8746	0,0320	49,526	30,388,5	0,0000404	0,0234	0,00856	0,365	0,009	0,37883	0,01082	0,2144	0,3574
1,079	1,07877	4,04276	0,00981	0,000651	0,7413	0,0331	48,686	27,228,4	0,0000382	0,0240	0,00906	0,377	0,009	0,28225	0,01048	0,1696	0,2947
1,029	1,02863	2,54347	0,00639	0,000267	0,7919	0,0533	38,354	18,544,8	0,0000586	0,0265	0,02688	1,016	0,009	0,64731	0,01150	0,2644	0,3898
1,080	1,08001	4,33826	0,00997	0,000711	0,6708	0,0382	45,345	24,504,5	0,0000376	0,0247	0,01350	0,548	0,009	0,21837	0,01022	0,1480	0,2644
1,029	1,02863	4,01868	0,00978	0,000646	0,9601	0,0249	56,122	34,405,0	0,0000383	0,0228	0,00215	0,095	0,009	0,28769	0,01050	0,2204	0,3821
1,184	1,18441	2,66170	0,00679	0,000297	0,7128	0,0618	35,627	17,721,1	0,0000552	0,0267	0,03506	1,311	0,009	0,61882	0,01146	0,2278	0,3406
1,079	1,079	2,679	0,00685	0,000301	1,5421	0,0268	54,076	39051,8	0,0000548	0,0222	0,00467	0,211	0,009	0,61456	0,01145	0,4898	0,734
1,079	1,079	2,780	0,00717	0,000327	1,4193	0,0282	52,712	37634,6	0,0000523	0,0223	0,00590	0,264	0,009	0,58987	0,01140	0,4354	0,660
1,079	1,079	2,977	0,00776	0,000380	1,2240	0,0333	48,504	35143,2	0,0000483	0,0227	0,01067	0,471	0,009	0,54104	0,01129	0,3526	0,547
1,079	1,079	3,227	0,00843	0,000447	1,0395	0,0392	44,717	32420,0	0,0000445	0,0231	0,01615	0,699	0,009	0,47858	0,01113	0,2792	0,446
1,079	1,079	3,512	0,00906	0,000522	0,8891	0,0417	43,349	29794,4	0,0000414	0,0235	0,01821	0,774	0,009	0,40799	0,01092	0,2233	0,368
1,079	1,079	3,642	0,00929	0,000556	0,8356	0,0324	49,185	28729,9	0,0000403	0,0237	0,00869	0,366	0,009	0,37624	0,01081	0,2044	0,341
1,183	1,183	3,514	0,00906	0,000523	1,1916	0,0605	36,013	39951,5	0,0000414	0,0220	0,03849	1,749	0,009	0,40744	0,01091	0,2992	0,493
1,183	1,183	3,384	0,00880	0,000489	1,2748	0,0452	41,642	41482,3	0,0000426	0,0218	0,02342	1,073	0,009	0,43947	0,01101	0,3295	0,535
1,183	1,183	3,389	0,00881	0,000490	1,2717	0,0393	44,673	41426,6	0,0000426	0,0218	0,01749	0,801	0,009	0,43834	0,01101	0,3283	0,533
1,183	1,183	3,582	0,00919	0,000541	1,1525	0,0433	42,565	39187,7	0,0000408	0,0221	0,02121	0,960	0,009	0,39067	0,01086	0,2853	0,473
1,183	1,183	3,804	0,00954	0,000596	1,0458	0,0425	42,965	36909,3	0,0000393	0,0224	0,02011	0,898	0,009	0,33750	0,01068	0,2483	0,421
1,183	1,183	3,958	0,00972	0,000632	0,9859	0,0394	44,650	35470,0	0,0000386	0,0226	0,01676	0,742	0,009	0,30153	0,01055	0,2284	0,394

**Cuadro C. 3.** Proceso matemático para velocidad de depósito con mezcla en canal circular

Bloque	Tratam	C %	pw [kg/m <sup>3</sup> ]	ps [kg/m <sup>3</sup> ]	pm [kg/m <sup>3</sup> ]	Ss [-]	Δ [-]	v <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> /s]	v <sub>m</sub> [m <sup>2</sup> /s]	d* [-]	d** [-]	Rs [-]	Rm [-]	n [-]	Vs [m/s]	Vsm [m/s]
M1	1	7,1	998,65	4600,26	1255,58	4,60	3,606	1,1116E-06	1,245E-06	825,919	692,328	26,989,34	20,680,38	3,068	1,11114	0,88541
M1	2	4,2	998,65	3611,66	1107,63	3,61	2,617	1,1116E-06	1,186E-06	769,626	702,122	24,262,88	21,123,72	2,736	0,96322	0,85725
M1	3	2,5	998,65	4600,26	1089,81	4,60	3,606	1,1116E-06	1,155E-06	825,919	775,127	26,989,34	24,525,03	3,225	1,11114	1,02297
M1	4	4,2	998,65	3611,66	1107,11	3,61	2,617	1,1116E-06	1,185E-06	769,626	702,432	24,262,88	21,137,79	2,736	0,96322	0,85773
M1	5	4,2	998,63	3611,66	1108,42	3,61	2,617	1,1088E-06	1,183E-06	770,936	702,841	24,325,20	21,156,38	2,735	0,96324	0,85655
M1	6	3,9	998,63	2952,63	1074,06	2,95	1,957	1,1088E-06	1,177E-06	712,250	659,360	21,585,38	19,211,48	2,444	0,83976	0,76271
M1	7	11,3	998,63	2952,63	1218,89	2,95	1,957	1,1088E-06	1,334E-06	712,250	566,027	21,585,38	15,254,19	2,354	0,83976	0,63370
M2	8	7,5	998,61	4608,11	1270,62	4,61	3,615	1,1060E-06	1,247E-06	552,887	458,871	14,721,87	11,103,05	3,070	0,90454	0,71117
M2	9	4,2	998,61	3621,21	1108,99	3,62	2,626	1,1060E-06	1,180E-06	502,571	458,051	12,742,82	11,073,01	2,750	0,77434	0,68799
M2	10	2,6	998,61	4608,11	1091,81	4,61	3,615	1,1060E-06	1,151E-06	552,887	518,199	14,721,87	13,347,30	3,237	0,90454	0,83110
M2	11	4,2	998,61	3621,21	1108,73	3,62	2,626	1,1060E-06	1,180E-06	502,571	458,151	12,742,82	11,076,67	2,750	0,77434	0,68817
M2	12	4,2	998,61	3621,21	1108,48	3,62	2,626	1,1060E-06	1,180E-06	502,571	458,250	12,742,82	11,080,30	2,750	0,77434	0,68836
M2	13	3,9	998,60	2963,27	1075,24	2,96	1,967	1,1032E-06	1,172E-06	462,238	427,505	11,226,69	9,973,38	2,459	0,67309	0,61034
M2	14	11,1	998,60	2963,27	1215,73	2,96	1,967	1,1032E-06	1,322E-06	462,238	368,936	11,226,69	7,975,42	2,372	0,67309	0,50983
M3	15	6,9	998,58	4610,68	1248,53	4,61	3,617	1,1004E-06	1,228E-06	212,710	179,200	3,444,21	2,647,29	3,142	0,54926	0,43847
M3	16	4,0	998,58	3624,31	1104,91	3,62	2,629	1,1004E-06	1,172E-06	194,029	177,456	2,991,32	2,607,76	2,804	0,47022	0,41877
M3	17	2,5	998,58	4610,68	1089,05	4,61	3,617	1,1004E-06	1,143E-06	212,710	199,743	3,444,21	3,127,58	3,292	0,54926	0,50526
M3	18	4,1	998,56	3624,31	1106,95	3,62	2,630	1,0976E-06	1,170E-06	194,357	177,449	2,999,09	2,607,61	2,802	0,47026	0,41787
M3	19	4,1	998,56	3624,31	1106,16	3,62	2,630	1,0976E-06	1,169E-06	194,357	177,566	2,999,09	2,610,26	2,802	0,47026	0,41823
M3	20	3,8	998,56	2966,75	1073,48	2,97	1,971	1,0976E-06	1,164E-06	181,596	168,265	2,701,92	2,402,75	2,509	0,41189	0,37368
M3	21	10,5	998,56	2966,75	1205,74	2,97	1,971	1,0976E-06	1,303E-06	181,596	146,540	2,701,92	1,941,02	2,429	0,41189	0,31439
M1	1	7,1	998,65	4600,26	1255,58	4,60	3,606	1,1116E-06	1,245E-06	825,919	692,328	26,989,34	20,680,38	3,068	1,11114	0,88541
M1	1	7,1	998,65	4600,26	1255,58	4,60	3,606	1,1116E-06	1,245E-06	825,919	692,328	26,989,34	20,680,38	3,068	1,11114	0,88541
M1	1	7,1	998,65	4600,26	1255,58	4,60	3,606	1,1116E-06	1,245E-06	825,919	692,328	26,989,34	20,680,38	3,068	1,11114	0,88541
M1	1	7,1	998,65	4600,26	1255,58	4,60	3,606	1,1116E-06	1,245E-06	825,919	692,328	26,989,34	20,680,38	3,068	1,11114	0,88541
M1	1	7,1	998,65	4600,26	1255,58	4,60	3,606	1,1116E-06	1,245E-06	825,919	692,328	26,989,34	20,680,38	3,068	1,11114	0,88541
M1	1	7,1	998,65	4600,26	1255,58	4,60	3,606	1,1116E-06	1,245E-06	825,919	692,328	26,989,34	20,680,38	3,068	1,11114	0,88541
M1	2	4,2	998,65	3611,66	1107,63	3,61	2,617	1,1116E-06	1,186E-06	769,626	702,122	24,262,88	21,123,72	2,736	0,96322	0,85725
M1	2	4,2	998,65	3611,66	1107,63	3,61	2,617	1,1116E-06	1,186E-06	769,626	702,122	24,262,88	21,123,72	2,736	0,96322	0,85725
M1	2	4,2	998,65	3611,66	1107,63	3,61	2,617	1,1116E-06	1,186E-06	769,626	702,122	24,262,88	21,123,72	2,736	0,96322	0,85725
M1	2	4,2	998,65	3611,66	1107,63	3,61	2,617	1,1116E-06	1,186E-06	769,626	702,122	24,262,88	21,123,72	2,736	0,96322	0,85725
M1	2	4,2	998,65	3611,66	1107,63	3,61	2,617	1,1116E-06	1,186E-06	769,626	702,122	24,262,88	21,123,72	2,736	0,96322	0,85725
M1	2	4,2	998,65	3611,66	1107,63	3,61	2,617	1,1116E-06	1,186E-06	769,626	702,122	24,262,88	21,123,72	2,736	0,96322	0,85725
M1	3	2,5	998,65	4600,26	1089,81	4,60	3,606	1,1116E-06	1,155E-06	825,919	775,127	26,989,34	24,525,03	3,225	1,11114	1,02297

Complemento Cuadro C. 3.

Bloque	Tratam	CD [-]	C'D [-]	Δ [rad]	R <sub>H</sub> [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Vc [m/s]	f <sub>m</sub> [-]	Ch [-]	NRm [-]	e/D [-]	f <sub>w</sub> [-]	f <sub>s</sub> =f <sub>m</sub> -f <sub>w</sub> [-]	f <sub>s</sub> /f <sub>w</sub> [-]	no	x	n	Nm [-]	FL [-]
M1	1	1,017	1,020	3,150	0,00823	0,000426	0,5348	0,1879	20,435	14149,1	0,0000455	0,0283	0,15956	5,636	0,009	0,49802	0,01118	0,1467	0,350
M1	2	1,018	1,020	3,219	0,00841	0,000445	1,1161	0,0376	45,693	31661,0	0,0000446	0,0232	0,01436	0,618	0,009	0,48067	0,01113	0,3005	0,849
M1	3	1,017	1,018	3,916	0,00968	0,000623	1,0310	0,0354	47,067	34548,2	0,0000387	0,0227	0,01268	0,558	0,009	0,31111	0,01059	0,2403	0,623
M1	4	1,018	1,020	3,245	0,00847	0,000452	1,1043	0,0304	50,771	31573,0	0,0000443	0,0232	0,00720	0,310	0,009	0,47428	0,01112	0,2953	0,837
M1	5	1,018	1,020	3,223	0,00842	0,000446	1,1055	0,0316	49,853	31458,3	0,0000445	0,0233	0,00831	0,358	0,009	0,47976	0,01113	0,2973	0,841
M1	6	1,020	1,021	4,302	0,00996	0,000704	0,9316	0,0341	47,945	31544,4	0,0000376	0,0232	0,01091	0,470	0,009	0,22588	0,01025	0,2063	0,753
M1	7	1,020	1,025	3,192	0,00834	0,000437	0,5135	0,1825	20,735	12840,6	0,0000450	0,0290	0,15343	5,284	0,009	0,48737	0,01115	0,1392	0,454
M2	8	1,025	1,031	3,020	0,00788	0,000391	0,5627	0,1480	23,020	14230,1	0,0000476	0,0283	0,11978	4,237	0,009	0,53029	0,01127	0,1600	0,376
M2	9	1,028	1,031	3,263	0,00852	0,000456	1,0985	0,0286	52,418	31702,4	0,0000440	0,0232	0,00534	0,230	0,009	0,46971	0,01110	0,2924	0,829
M2	10	1,025	1,027	3,908	0,00967	0,000621	1,0346	0,0349	47,388	34784,5	0,0000388	0,0227	0,01224	0,539	0,009	0,31294	0,01059	0,2415	0,625
M2	11	1,028	1,031	3,224	0,00842	0,000446	1,1270	0,0338	48,187	32166,9	0,0000445	0,0231	0,01066	0,461	0,009	0,47945	0,01113	0,3030	0,856
M2	12	1,028	1,031	3,221	0,00842	0,000445	1,1313	0,0306	50,661	32271,7	0,0000446	0,0231	0,00745	0,322	0,009	0,48006	0,01113	0,3044	0,859
M2	13	1,030	1,033	4,289	0,00996	0,000702	0,9423	0,0441	42,170	32033,9	0,0000377	0,0231	0,02099	0,907	0,009	0,22861	0,01027	0,2090	0,760
M2	14	1,030	1,038	3,173	0,00829	0,000432	0,5400	0,1589	22,218	13545,1	0,0000452	0,0286	0,13029	4,551	0,009	0,49224	0,01117	0,1472	0,477
M3	15	1,067	1,080	2,969	0,00774	0,000377	0,6132	0,1205	25,517	15458,4	0,0000485	0,0277	0,09282	3,354	0,009	0,54307	0,01130	0,1771	0,414
M3	16	1,074	1,081	3,248	0,00848	0,000453	1,1117	0,0298	51,345	32192,6	0,0000442	0,0231	0,00663	0,287	0,009	0,47336	0,01111	0,2970	0,840
M3	17	1,067	1,072	4,409	0,00999	0,000723	0,8837	0,0432	42,627	30885,7	0,0000375	0,0233	0,01985	0,851	0,009	0,20396	0,01016	0,1935	0,525
M3	18	1,074	1,081	3,260	0,00851	0,000456	1,0827	0,0326	49,044	31503,4	0,0000441	0,0232	0,00937	0,403	0,009	0,47032	0,01110	0,2884	0,817
M3	19	1,074	1,081	3,277	0,00855	0,000460	1,0798	0,0274	53,530	31583,8	0,0000438	0,0232	0,00415	0,179	0,009	0,46606	0,01109	0,2864	0,813
M3	20	1,079	1,085	4,330	0,00997	0,000709	0,9219	0,0336	48,343	31589,8	0,0000376	0,0232	0,01036	0,447	0,009	0,22009	0,01023	0,2035	0,742
M3	21	1,079	1,099	3,180	0,00831	0,000434	0,5446	0,1848	20,605	13890,8	0,0000451	0,0284	0,15635	5,497	0,009	0,49041	0,01116	0,1481	0,480
M1	1	1,017	1,020	2,771	0,00714	0,000325	0,7009	0,1264	24,918	16081,0	0,0000525	0,0274	0,09894	3,610	0,009	0,59209	0,01141	0,2157	0,493
M1	1	1,017	1,020	2,844	0,00737	0,000344	0,6620	0,1397	23,693	15669,0	0,0000509	0,0276	0,11217	4,066	0,009	0,57412	0,01137	0,1988	0,459
M1	1	1,017	1,020	2,926	0,00761	0,000366	0,6225	0,1594	22,186	15228,5	0,0000493	0,0278	0,13161	4,737	0,009	0,55373	0,01132	0,1822	0,424
M1	1	1,017	1,020	2,994	0,00781	0,000384	0,5933	0,1700	21,480	14886,4	0,0000480	0,0279	0,14209	5,085	0,009	0,53699	0,01128	0,1701	0,399
M1	1	1,017	1,020	3,017	0,00787	0,000390	0,5839	0,1693	21,525	14772,0	0,0000476	0,0280	0,14133	5,047	0,009	0,53120	0,01127	0,1662	0,391
M1	1	1,017	1,020	3,150	0,00823	0,000426	0,5348	0,1879	20,435	14149,1	0,0000455	0,0283	0,15956	5,636	0,009	0,49802	0,01118	0,1467	0,350
M1	2	1,018	1,020	3,020	0,00788	0,000391	1,2688	0,0472	40,779	33742,5	0,0000476	0,0229	0,02429	1,061	0,009	0,53029	0,01127	0,3609	0,997
M1	2	1,018	1,020	3,036	0,00793	0,000395	1,2551	0,0447	41,914	33566,3	0,0000473	0,0229	0,02174	0,949	0,009	0,52633	0,01126	0,3553	0,984
M1	2	1,018	1,020	3,104	0,00811	0,000414	1,1993	0,0446	41,924	32828,6	0,0000462	0,0230	0,02161	0,938	0,009	0,50928	0,01121	0,3330	0,929
M1	2	1,018	1,020	3,147	0,00823	0,000425	1,1669	0,0425	42,946	32384,0	0,0000456	0,0231	0,01944	0,842	0,009	0,49863	0,01118	0,3202	0,898
M1	2	1,018	1,020	3,185	0,00832	0,000435	1,1396	0,0404	44,068	32000,1	0,0000451	0,0232	0,01724	0,744	0,009	0,48919	0,01116	0,3096	0,872
M1	2	1,018	1,020	3,219	0,00841	0,000445	1,1161	0,0376	45,693	31661,0	0,0000446	0,0232	0,01436	0,618	0,009	0,48067	0,01113	0,3005	0,849
M1	3	1,017	1,018	2,995	0,00781	0,000384	1,6708	0,0245	56,641	45180,7	0,0000480	0,0214	0,00303	0,141	0,009	0,53668	0,01128	0,4788	1,124
M1	3	1,017	1,018	3,152	0,00824	0,000427	1,5050	0,0273	53,587	42927,2	0,0000455	0,0217	0,00566	0,261	0,009	0,49741	0,01118	0,4124	0,986
M1	3	1,017	1,018	3,356	0,00873	0,000481	1,3338	0,0319	49,570	40320,6	0,0000429	0,0220	0,00997	0,454	0,009	0,44658	0,01103	0,3470	0,849
M1	3	1,017	1,018	3,531	0,00909	0,000527	1,2172	0,0324	49,221	38322,7	0,0000412	0,0222	0,01017	0,458	0,009	0,40335	0,01090	0,3045	0,759
M1	3	1,017	1,018	3,720	0,00942	0,000576	1,1154	0,0342	47,905	36371,1	0,0000398	0,0225	0,01172	0,521	0,009	0,35738	0,01075	0,2688	0,683
M1	3	1,017	1,018	3,916	0,00968	0,000623	1,0310	0,0354	47,067	34548,2	0,0000387	0,0227	0,01268	0,558	0,009	0,31111	0,01059	0,2403	0,623
M1	4	1,018	1,020	2,817	0,00728	0,000337	1,4799	0,0294	51,629	36366,3	0,0000515	0,0225	0,00692	0,307	0,009	0,58082	0,01138	0,4484	1,210

**Cuadro C. 4.** Proceso matemático para velocidad de depósito con arena en canal rectangular.

Bloque	Tratam	C %	pw [kg/m <sup>3</sup> ]	ps [kg/m <sup>3</sup> ]	pm [kg/m <sup>3</sup> ]	Ss [-]	Δ [-]	v <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> /s]	v <sub>m</sub> [m <sup>2</sup> /s]	d* [-]	d** [-]	Rs [-]	Rm [-]	n [-]	Vs [m/s]
1	1	4,32	998,61	2623,09	1068,77	2,623	1,627	1,1060E-06	1,183E-06	541,395	498,771	14261,49	12597,26	2,293	0,686
1	2	4,26	998,60	2637,96	1068,44	2,638	1,642	1,1032E-06	1,178E-06	163,19	150,481	2291,95	2022,32	2,358	0,366
1	3	5,75	998,60	2634,31	1092,64	2,634	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,58	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598
1	4	11,69	998,60	2637,96	1190,16	2,638	1,642	1,1032E-06	1,338E-06	163,19	129,868	2291,95	1609,72	2,293	0,366
1	5	5,76	998,60	2634,31	1092,87	2,634	1,638	1,1032E-06	1,208E-06	413,58	370,447	9484,92	8025,07	2,292	0,598
1	6	5,75	998,60	2634,31	1092,64	2,634	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,58	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598
1	7	12,07	998,61	2623,09	1194,72	2,623	1,627	1,1060E-06	1,351E-06	541,39	427,655	14261,49	9978,70	2,223	0,686
1	8	5,79	998,61	2634,31	1093,34	2,634	1,638	1,1060E-06	1,211E-06	412,88	369,619	9460,55	7997,83	2,292	0,598
2	1	4,35	998,58	2623,09	1069,17	2,623	1,627	1,1004E-06	1,177E-06	543,23	500,211	14334,83	12652,36	2,293	0,686
2	2	4,26	998,60	2637,96	1068,36	2,638	1,642	1,1032E-06	1,178E-06	163,19	150,496	2291,95	2022,64	2,358	0,366
2	3	5,76	998,60	2634,31	1092,87	2,634	1,638	1,1032E-06	1,208E-06	413,58	370,447	9484,92	8025,07	2,292	0,598
2	4	11,69	998,58	2637,96	1190,14	2,638	1,642	1,1004E-06	1,334E-06	163,47	130,088	2297,94	1613,96	2,293	0,366
2	5	5,72	998,58	2634,31	1092,18	2,634	1,638	1,1004E-06	1,204E-06	414,28	371,371	9509,32	8055,47	2,293	0,598
2	6	5,74	998,58	2634,31	1092,40	2,634	1,638	1,1004E-06	1,204E-06	414,28	371,273	9509,32	8052,25	2,293	0,598
2	7	11,87	998,58	2623,09	1191,45	2,623	1,627	1,1004E-06	1,339E-06	543,23	430,867	14334,83	10092,51	2,225	0,686
2	8	5,79	998,58	2634,31	1093,31	2,634	1,638	1,1004E-06	1,205E-06	414,28	370,873	9509,32	8039,10	2,292	0,598
1	1	4,3	998,61	2623,09	1068,77	2,62	1,627	1,1060E-06	1,183E-06	541,395	498,771	14261,49	12597,26	2,293	0,686
1	1	4,3	998,61	2623,09	1068,77	2,62	1,627	1,1060E-06	1,183E-06	541,395	498,771	14261,49	12597,26	2,293	0,686
1	1	4,3	998,61	2623,09	1068,77	2,62	1,627	1,1060E-06	1,183E-06	541,395	498,771	14261,49	12597,26	2,293	0,686
1	1	4,3	998,61	2623,09	1068,77	2,62	1,627	1,1060E-06	1,183E-06	541,395	498,771	14261,49	12597,26	2,293	0,686
1	1	4,3	998,61	2623,09	1068,77	2,62	1,627	1,1060E-06	1,183E-06	541,395	498,771	14261,49	12597,26	2,293	0,686
1	1	4,3	998,61	2623,09	1068,77	2,62	1,627	1,1060E-06	1,183E-06	541,395	498,771	14261,49	12597,26	2,293	0,686
1	2	4,3	998,60	2637,96	1068,44	2,64	1,642	1,1032E-06	1,178E-06	163,189	150,481	2291,95	2022,32	2,358	0,366
1	2	4,3	998,60	2637,96	1068,44	2,64	1,642	1,1032E-06	1,178E-06	163,189	150,481	2291,95	2022,32	2,358	0,366
1	2	4,3	998,60	2637,96	1068,44	2,64	1,642	1,1032E-06	1,178E-06	163,189	150,481	2291,95	2022,32	2,358	0,366
1	2	4,3	998,60	2637,96	1068,44	2,64	1,642	1,1032E-06	1,178E-06	163,189	150,481	2291,95	2022,32	2,358	0,366
1	2	4,3	998,60	2637,96	1068,44	2,64	1,642	1,1032E-06	1,178E-06	163,189	150,481	2291,95	2022,32	2,358	0,366
1	2	4,3	998,60	2637,96	1068,44	2,64	1,642	1,1032E-06	1,178E-06	163,189	150,481	2291,95	2022,32	2,358	0,366
1	3	5,7	998,60	2634,31	1092,64	2,63	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,579	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598
1	3	5,7	998,60	2634,31	1092,64	2,63	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,579	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598
1	3	5,7	998,60	2634,31	1092,64	2,63	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,579	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598
1	3	5,7	998,60	2634,31	1092,64	2,63	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,579	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598
1	3	5,7	998,60	2634,31	1092,64	2,63	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,579	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598
1	3	5,7	998,60	2634,31	1092,64	2,63	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,579	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598
1	3	5,7	998,60	2634,31	1092,64	2,63	1,638	1,1032E-06	1,207E-06	413,579	370,546	9484,92	8028,33	2,292	0,598

Complemento Cuadro C. 4.

Vsm [m/s]	CD [-]	C'D [-]	Perimetro [m]	RH [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Vd [m/s]	fm [-]	Ch [-]	NRm [-]	e/D [-]	fw [-]	fs=fm-fw [-]	fs/fw [-]	n	Nm [-]	FL [-]
0,620	1,026	1,028	0,1011	0,01261	0,001275	0,5176	0,0337	48,282	22075,1	0,0000297	0,0253	0,00839	0,332	0,009	0,086	0,408
0,331	1,088	1,096	0,0973	0,01216	0,001183	0,5552	0,0855	30,284	22915,7	0,0000308	0,0250	0,06051	2,417	0,009	0,094	0,444
0,522	1,034	1,038	0,0847	0,01039	0,000880	0,5732	0,0559	37,479	19736,2	0,0000361	0,0260	0,02986	1,149	0,009	0,108	0,496
0,276	1,088	1,112	0,0749	0,00861	0,000645	0,3716	0,3273	15,482	9562,7	0,0000436	0,0314	0,29589	9,414	0,009	0,080	0,353
0,522	1,034	1,038	0,0857	0,01055	0,000904	0,5566	0,0548	37,834	19454,9	0,0000355	0,0261	0,02873	1,101	0,009	0,104	0,478
0,522	1,034	1,038	0,0917	0,01143	0,001049	0,4812	0,0762	32,093	18229,6	0,0000328	0,0265	0,04967	1,874	0,009	0,085	0,397
0,515	1,026	1,033	0,0761	0,00885	0,000673	0,3505	0,3010	16,145	9187,5	0,0000424	0,0318	0,26921	8,471	0,009	0,074	0,330
0,521	1,034	1,038	0,0903	0,01124	0,001015	0,4936	0,0423	43,075	18320,2	0,0000334	0,0265	0,01581	0,597	0,009	0,089	0,411
0,619	1,026	1,028	0,0945	0,01181	0,001116	0,5877	0,0566	37,246	23582,9	0,0000318	0,0249	0,03169	1,274	0,009	0,102	0,479
0,331	1,088	1,096	0,1039	0,01292	0,001342	0,4901	0,0300	51,098	21487,9	0,0000290	0,0254	0,00462	0,182	0,009	0,080	0,380
0,522	1,034	1,038	0,0859	0,01058	0,000909	0,5537	0,0455	41,512	19409,6	0,0000354	0,0261	0,01943	0,745	0,009	0,103	0,475
0,276	1,088	1,112	0,0761	0,00885	0,000673	0,3557	0,2329	18,352	9435,7	0,0000424	0,0315	0,20140	6,384	0,009	0,075	0,333
0,522	1,034	1,038	0,0859	0,01058	0,000909	0,5576	0,0616	35,682	19611,1	0,0000354	0,0260	0,03559	1,367	0,009	0,104	0,478
0,522	1,034	1,038	0,0920	0,01147	0,001055	0,4792	0,0402	44,178	18267,5	0,0000327	0,0265	0,01371	0,517	0,009	0,085	0,395
0,518	1,026	1,033	0,0771	0,00905	0,000697	0,3441	0,3585	14,793	9301,3	0,0000415	0,0317	0,32684	10,320	0,009	0,071	0,320
0,522	1,034	1,038	0,0891	0,01107	0,000986	0,5080	0,0575	36,934	18661,1	0,0000339	0,0264	0,03116	1,182	0,009	0,092	0,426
0,620	1,026	1,028	0,0815	0,00986	0,000803	0,8214	0,1143	26,201	27384,0	0,0000380	0,0240	0,09027	3,761	0,009	0,161	0,732
0,620	1,026	1,028	0,0841	0,01029	0,000866	0,7621	0,1145	26,176	26537,4	0,0000364	0,0242	0,09032	3,736	0,009	0,145	0,665
0,620	1,026	1,028	0,0873	0,01080	0,000943	0,6999	0,1099	26,719	25564,6	0,0000347	0,0244	0,08550	3,505	0,009	0,129	0,596
0,620	1,026	1,028	0,0891	0,01107	0,000986	0,6691	0,0856	30,269	25048,2	0,0000339	0,0245	0,06112	2,494	0,009	0,121	0,563
0,620	1,026	1,028	0,0937	0,01170	0,001097	0,6016	0,0593	36,384	23818,5	0,0000320	0,0248	0,03446	1,389	0,009	0,105	0,492
0,620	1,026	1,028	0,1011	0,01261	0,001275	0,5176	0,0337	48,282	22075,1	0,0000297	0,0253	0,00839	0,332	0,009	0,086	0,408
0,331	1,088	1,096	0,0789	0,00939	0,000741	0,8868	0,1003	27,964	28259,7	0,0000399	0,0238	0,07649	3,210	0,009	0,179	0,806
0,331	1,088	1,096	0,0817	0,00989	0,000808	0,8129	0,1077	26,987	27291,2	0,0000379	0,0240	0,08370	3,484	0,009	0,159	0,720
0,331	1,088	1,096	0,0855	0,01052	0,000899	0,7303	0,1142	26,213	26078,3	0,0000356	0,0243	0,08990	3,703	0,009	0,137	0,627
0,331	1,088	1,096	0,0907	0,01130	0,001025	0,6412	0,1228	25,273	24583,2	0,0000332	0,0246	0,09821	3,989	0,009	0,115	0,532
0,331	1,088	1,096	0,0937	0,01170	0,001097	0,5990	0,1094	26,783	23796,1	0,0000320	0,0248	0,08456	3,408	0,009	0,105	0,488
0,331	1,088	1,096	0,0973	0,01216	0,001183	0,5552	0,0855	30,284	22915,7	0,0000308	0,0250	0,06051	2,417	0,009	0,094	0,444
0,522	1,034	1,038	0,0747	0,00856	0,000640	0,7887	0,1086	26,874	22378,2	0,0000438	0,0252	0,08341	3,308	0,009	0,170	0,752
0,522	1,034	1,038	0,0767	0,00897	0,000688	0,7335	0,1088	26,856	21794,7	0,0000418	0,0254	0,08340	3,287	0,009	0,153	0,683
0,522	1,034	1,038	0,0787	0,00935	0,000736	0,6856	0,1054	27,284	21240,8	0,0000401	0,0255	0,07986	3,128	0,009	0,139	0,625
0,522	1,034	1,038	0,0807	0,00972	0,000784	0,6435	0,0918	29,239	20714,4	0,0000386	0,0257	0,06608	2,572	0,009	0,127	0,576
0,522	1,034	1,038	0,0827	0,01006	0,000832	0,6063	0,0801	31,288	20213,5	0,0000373	0,0258	0,05430	2,101	0,009	0,117	0,533
0,522	1,034	1,038	0,0847	0,01039	0,000880	0,5732	0,0559	37,479	19736,2	0,0000361	0,0260	0,02986	1,149	0,009	0,108	0,496

**Cuadro C. 5.** Proceso matemático para velocidad de depósito con plomo en canal rectangular.

Bloque	Tratam	C %	pw [kg/m <sup>3</sup> ]	ps [kg/m <sup>3</sup> ]	pm [kg/m <sup>3</sup> ]	Ss [-]	Δ [-]	v <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> /s]	v <sub>m</sub> [m <sup>2</sup> /s]	d* [-]	d** [-]	Rs [-]	Rm [-]	n [-]	Vs [m/s]
1	1	0,00341	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,655	2635,47	2634,91	5,769	0,65743
1	2	0,00215	998,56	9213,65	998,74	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	81,218	81,211	771,39	771,28	5,956	0,42334
1	3	0,00342	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738
1	4	0,00341	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738
1	5	0,00629	998,49	9213,65	999,01	9,214	8,228	1,0866E-06	1,087E-06	490,599	490,473	12286,14	12281,37	5,669	1,11253
1	6	0,00345	998,53	9213,65	998,81	9,214	8,227	1,0921E-06	1,092E-06	179,283	179,258	2649,17	2648,60	5,769	0,65753
1	7	0,00204	998,53	9213,65	998,69	9,214	8,227	1,0921E-06	1,092E-06	488,953	488,912	12223,78	12222,24	5,670	1,11245
1	8	0,00675	998,53	9213,65	999,08	9,214	8,227	1,0921E-06	1,092E-06	81,492	81,470	775,52	775,18	5,954	0,42347
2	1	0,00345	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,654	2635,47	2634,90	5,769	0,65743
2	2	0,00213	998,56	9213,65	998,74	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	81,218	81,211	771,39	771,28	5,956	0,42334
2	3	0,00343	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,655	2635,47	2634,91	5,769	0,65743
2	4	0,00342	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,655	2635,47	2634,91	5,769	0,65743
2	5	0,00643	998,56	9213,65	999,09	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	487,308	487,180	12161,56	12156,74	5,670	1,11238
2	6	0,00346	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738
2	7	0,00203	998,58	9213,65	998,75	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	486,485	486,445	12130,50	12128,98	5,670	1,11234
2	8	0,00661	998,58	9213,65	999,12	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	81,081	81,059	769,33	769,00	5,956	0,42327
1	1	0,00341	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,655	2635,47	2634,91	5,769	0,65743
1	1	0,00341	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,655	2635,47	2634,91	5,769	0,65743
1	1	0,00341	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,655	2635,47	2634,91	5,769	0,65743
1	1	0,00341	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,655	2635,47	2634,91	5,769	0,65743
1	1	0,00341	998,56	9213,65	998,84	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	178,680	178,655	2635,47	2634,91	5,769	0,65743
1	2	0,00215	998,56	9213,65	998,74	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	81,218	81,211	771,39	771,28	5,956	0,42334
1	2	0,00215	998,56	9213,65	998,74	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	81,218	81,211	771,39	771,28	5,956	0,42334
1	2	0,00215	998,56	9213,65	998,74	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	81,218	81,211	771,39	771,28	5,956	0,42334
1	2	0,00215	998,56	9213,65	998,74	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	81,218	81,211	771,39	771,28	5,956	0,42334
1	2	0,00215	998,56	9213,65	998,74	9,214	8,227	1,0976E-06	1,098E-06	81,218	81,211	771,39	771,28	5,956	0,42334
1	3	0,00342	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738
1	3	0,00342	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738
1	3	0,00342	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738
1	3	0,00342	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738
1	3	0,00342	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738
1	3	0,00342	998,58	9213,65	998,86	9,214	8,227	1,1004E-06	1,100E-06	178,378	178,353	2628,64	2628,07	5,769	0,65738

Complemento Cuadro C. 5.

Vsm [m/s]	CD [-]	C'D [-]	Perimetro [m]	RH [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Vd [m/s]	fm [-]	Ch [-]	NRm [-]	e/D [-]	fw [-]	fs=fm-fw [-]	fs/fw [-]	n	Nm [-]	FL [-]
0,65730	1,0803	1,0803	0,09070	0,01130	0,001025	0,4653	0,0723	32,943	19154,6	3,320E-05	0,0262	0,04611	1,762	0,009	0,0832	0,172
0,42328	1,1850	1,1851	0,10778	0,01332	0,001435	0,4371	0,0312	50,175	21210,9	2,816E-05	0,0255	0,00565	0,222	0,009	0,0700	0,149
0,65725	1,0804	1,0804	0,08590	0,01058	0,000909	0,5231	0,0709	33,268	20123,2	3,543E-05	0,0259	0,04502	1,741	0,009	0,0977	0,200
0,65725	1,0804	1,0804	0,08530	0,01049	0,000895	0,5329	0,0570	37,111	20315,9	3,575E-05	0,0258	0,03116	1,208	0,009	0,1001	0,205
1,11213	1,0285	1,0285	0,08470	0,01039	0,000880	0,2312	0,2782	16,794	8843,1	3,608E-05	0,0321	0,24605	7,663	0,009	0,0437	0,089
0,65740	1,0800	1,0800	0,09150	0,01141	0,001044	0,4521	0,0611	35,828	18889,8	3,287E-05	0,0263	0,03485	1,327	0,009	0,0803	0,167
1,11233	1,0286	1,0286	0,10090	0,01259	0,001270	0,4934	0,1964	19,984	22742,5	2,980E-05	0,0251	0,17136	6,832	0,009	0,0821	0,173
0,42330	1,1844	1,1844	0,07330	0,00827	0,000606	0,3288	0,2786	16,781	9957,2	4,535E-05	0,0311	0,24750	7,961	0,009	0,0724	0,142
0,65730	1,0803	1,0803	0,09190	0,01146	0,001053	0,4480	0,1162	25,988	18713,1	3,272E-05	0,0263	0,08983	3,412	0,009	0,0793	0,165
0,42328	1,1850	1,1851	0,10798	0,01334	0,001440	0,4384	0,0295	51,595	21306,5	2,812E-05	0,0255	0,00399	0,157	0,009	0,0702	0,149
0,65730	1,0803	1,0803	0,08510	0,01046	0,000890	0,5331	0,1094	26,780	20312,1	3,586E-05	0,0258	0,08359	3,239	0,009	0,1003	0,205
0,65730	1,0803	1,0803	0,08530	0,01049	0,000895	0,5315	0,0672	34,166	20315,9	3,575E-05	0,0258	0,04141	1,605	0,009	0,0998	0,204
1,11197	1,0287	1,0287	0,08410	0,01029	0,000866	0,2302	0,1650	21,803	8634,9	3,643E-05	0,0323	0,13271	4,106	0,009	0,0438	0,089
0,65725	1,0804	1,0804	0,09110	0,01135	0,001034	0,4552	0,0845	30,469	18781,2	3,303E-05	0,0263	0,05820	2,212	0,009	0,0811	0,168
1,11221	1,0288	1,0288	0,10030	0,01252	0,001255	0,5016	0,0990	28,157	22822,4	2,996E-05	0,0251	0,07389	2,949	0,009	0,0837	0,176
0,42311	1,1854	1,1854	0,07470	0,00856	0,000640	0,3181	0,3121	15,853	9901,6	4,379E-05	0,0311	0,28101	9,026	0,009	0,0684	0,135
0,65730	1,0803	1,0803	0,0803	0,00964	0,000774	0,6156	0,2070	19,467	21635,4	3,888E-05	0,0254	0,18161	7,146	0,009	0,1223	0,247
0,65730	1,0803	1,0803	0,0821	0,00996	0,000818	0,5830	0,1978	19,917	21161,0	3,765E-05	0,0255	0,17223	6,741	0,009	0,1134	0,230
0,65730	1,0803	1,0803	0,0835	0,01020	0,000851	0,5600	0,1744	21,208	20806,2	3,678E-05	0,0257	0,14877	5,799	0,009	0,1072	0,218
0,65730	1,0803	1,0803	0,0855	0,01052	0,000899	0,5300	0,1574	22,329	20319,6	3,565E-05	0,0258	0,13155	5,099	0,009	0,0994	0,203
0,65730	1,0803	1,0803	0,0879	0,01089	0,000957	0,4981	0,1138	26,255	19764,8	3,444E-05	0,0260	0,08784	3,381	0,009	0,0912	0,188
0,65730	1,0803	1,0803	0,0907	0,01130	0,001025	0,4653	0,0723	32,943	19154,6	3,320E-05	0,0262	0,04611	1,762	0,009	0,0832	0,172
0,42328	1,1850	1,1851	0,0929	0,01160	0,001077	0,5822	0,2684	17,097	24608,3	3,233E-05	0,0246	0,24379	9,906	0,009	0,1023	0,213
0,42328	1,1850	1,1851	0,0951	0,01189	0,001130	0,5550	0,2501	17,710	24039,1	3,155E-05	0,0247	0,22538	9,107	0,009	0,0959	0,200
0,42328	1,1850	1,1851	0,0991	0,01238	0,001227	0,5115	0,2263	18,619	23068,8	3,030E-05	0,0250	0,20132	8,054	0,009	0,0860	0,181
0,42328	1,1850	1,1851	0,1031	0,01283	0,001323	0,4743	0,1836	20,672	22173,8	2,923E-05	0,0252	0,15835	6,275	0,009	0,0779	0,165
0,42328	1,1850	1,1851	0,1051	0,01304	0,001371	0,4576	0,1058	27,231	21751,8	2,875E-05	0,0254	0,08045	3,173	0,009	0,0743	0,158
0,42328	1,1850	1,1851	0,10778	0,01332	0,001435	0,4371	0,0312	50,175	21210,9	2,816E-05	0,0255	0,00565	0,222	0,009	0,0700	0,149
0,65725	1,0804	1,0804	0,0759	0,00881	0,000669	0,7113	0,1378	23,863	22774,5	4,257E-05	0,0251	0,11266	4,488	0,009	0,1501	0,298
0,65725	1,0804	1,0804	0,0759	0,00881	0,000669	0,7113	0,1133	26,320	22774,5	4,257E-05	0,0251	0,08815	3,511	0,009	0,1501	0,298
0,65725	1,0804	1,0804	0,0779	0,00920	0,000717	0,6635	0,1098	26,735	22189,7	4,076E-05	0,0253	0,08450	3,345	0,009	0,1360	0,272
0,65725	1,0804	1,0804	0,0799	0,00957	0,000765	0,6218	0,1035	27,535	21634,3	3,918E-05	0,0254	0,07806	3,072	0,009	0,1241	0,250
0,65725	1,0804	1,0804	0,0819	0,00993	0,000813	0,5850	0,0882	29,831	21106,0	3,778E-05	0,0256	0,06259	2,448	0,009	0,1140	0,231
0,65725	1,0804	1,0804	0,0859	0,01058	0,000909	0,5231	0,0709	33,268	20123,2	3,543E-05	0,0259	0,04502	1,741	0,009	0,0977	0,200

**Cuadro C. 6.** Proceso matemático para velocidad de depósito con mezcla en canal rectangular.

Bloque	Tratam	C %	pw [kg/m3]	ps [kg/m3]	pm [kg/m3]	Ss [-]	Δ [-]	v <sub>w</sub> [m2/s]	v <sub>m</sub> [m2/s]	d* [-]	d*' [-]	Rs [-]	Rm [-]	n [-]	Vs [m/s]
M1	1	7,01	998,60	4600,26	1251,25	4,60	3,61	1,1032E-06	1,233E-06	830,13	697,88	27197,37	20931,14	3,07	1,111
M1	2	4,10	998,61	3611,67	1105,80	3,61	2,62	1,1060E-06	1,178E-06	772,25	705,58	24387,66	21280,88	2,74	0,963
M1	3	2,52	998,63	4600,26	1089,34	4,60	3,61	1,1088E-06	1,152E-06	827,32	776,69	27058,60	24599,57	3,23	1,111
M1	4	4,16	998,63	3611,67	1107,35	3,61	2,62	1,1088E-06	1,183E-06	770,94	703,47	24325,27	21185,12	2,74	0,963
M1	5	4,11	998,61	3611,67	1106,05	3,61	2,62	1,1060E-06	1,179E-06	772,25	705,43	24387,66	21274,12	2,74	0,963
M1	6	3,86	998,56	2952,61	1074,08	2,95	1,96	1,0976E-06	1,165E-06	717,09	663,78	21807,31	19406,24	2,44	0,840
M1	7	10,69	998,56	2952,61	1207,43	2,95	1,96	1,0976E-06	1,307E-06	717,09	576,92	21807,31	15700,29	2,36	0,840
M2	8	7,40	998,58	4608,11	1265,64	4,61	3,61	1,1004E-06	1,238E-06	554,76	461,97	14797,48	11216,75	3,07	0,905
M2	9	4,27	998,56	3621,21	1110,55	3,62	2,63	1,0976E-06	1,173E-06	505,13	459,76	12841,16	11135,71	2,75	0,774
M2	10	2,55	998,56	4608,11	1090,50	4,61	3,61	1,0976E-06	1,141E-06	555,70	521,29	14835,35	13467,81	3,24	0,905
M2	11	4,18	998,54	3621,21	1108,15	3,62	2,63	1,0948E-06	1,168E-06	505,98	461,46	12874,01	11198,05	2,75	0,774
M2	12	4,20	998,54	3621,21	1108,67	3,62	2,63	1,0948E-06	1,168E-06	505,98	461,26	12874,01	11190,74	2,75	0,774
M2	13	3,92	998,53	2963,28	1075,45	2,96	1,97	1,0921E-06	1,160E-06	465,37	430,28	11342,26	10071,77	2,46	0,673
M2	14	11,05	998,53	2963,28	1215,66	2,96	1,97	1,0921E-06	1,309E-06	465,37	371,44	11342,26	8057,65	2,37	0,673
M3	15	6,92	998,51	4610,67	1248,47	4,61	3,62	1,0893E-06	1,216E-06	214,15	180,41	3479,98	2674,86	3,14	0,549
M3	16	4,11	998,51	3624,31	1106,37	3,62	2,63	1,0893E-06	1,161E-06	195,34	178,43	3022,46	2629,75	2,80	0,470
M3	17	2,46	998,49	4610,67	1087,52	4,61	3,62	1,087E-06	1,128E-06	214,51	201,63	3488,95	3173,10	3,29	0,549
M3	18	4,04	998,49	3624,31	1104,58	3,62	2,63	1,087E-06	1,157E-06	195,67	178,99	3030,27	2642,62	2,80	0,470
M3	19	4,09	998,49	3624,31	1105,83	3,62	2,63	1,087E-06	1,158E-06	195,67	178,81	3030,27	2638,33	2,80	0,470
M3	20	3,82	998,47	2966,74	1073,57	2,97	1,97	1,084E-06	1,150E-06	183,13	169,66	2737,13	2433,40	2,51	0,412
M3	21	10,05	998,47	2966,74	1196,21	2,97	1,97	1,084E-06	1,276E-06	183,13	149,27	2737,13	1997,33	2,43	0,412
M1	1	7,01	998,60	4600,26	1251,2	4,600	3,607	1,1032E-06	1,233E-06	830,135	697,876	27197,37	20931,14	3,072	1,111
M1	1	7,01	998,60	4600,26	1251,2	4,600	3,607	1,1032E-06	1,233E-06	830,135	697,876	27197,37	20931,14	3,072	1,111
M1	1	7,01	998,60	4600,26	1251,2	4,600	3,607	1,1032E-06	1,233E-06	830,135	697,876	27197,37	20931,14	3,072	1,111
M1	1	7,01	998,60	4600,26	1251,2	4,600	3,607	1,1032E-06	1,233E-06	830,135	697,876	27197,37	20931,14	3,072	1,111
M1	1	7,01	998,60	4600,26	1251,2	4,600	3,607	1,1032E-06	1,233E-06	830,135	697,876	27197,37	20931,14	3,072	1,111
M1	1	7,01	998,60	4600,26	1251,2	4,600	3,607	1,1032E-06	1,233E-06	830,135	697,876	27197,37	20931,14	3,072	1,111
M1	2	4,10	998,61	3611,67	1105,8	3,612	2,617	1,1060E-06	1,178E-06	772,247	705,578	24387,66	21280,88	2,737	0,963
M1	2	4,10	998,61	3611,67	1105,8	3,612	2,617	1,1060E-06	1,178E-06	772,247	705,578	24387,66	21280,88	2,737	0,963
M1	2	4,10	998,61	3611,67	1105,8	3,612	2,617	1,1060E-06	1,178E-06	772,247	705,578	24387,66	21280,88	2,737	0,963
M1	2	4,10	998,61	3611,67	1105,8	3,612	2,617	1,1060E-06	1,178E-06	772,247	705,578	24387,66	21280,88	2,737	0,963
M1	2	4,10	998,61	3611,67	1105,8	3,612	2,617	1,1060E-06	1,178E-06	772,247	705,578	24387,66	21280,88	2,737	0,963
M1	2	4,10	998,61	3611,67	1105,8	3,612	2,617	1,1060E-06	1,178E-06	772,247	705,578	24387,66	21280,88	2,737	0,963

Complemento Cuadro C. 6.

Bloque	Tratam	Vsm [m/s]	CD [-]	C'D [-]	Perimetro [m]	R <sub>H</sub> [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Vc [m/s]	f <sub>m</sub> [-]	Ch [-]	NRm [-]	e/D [-]	f <sub>w</sub> [-]	f <sub>s</sub> =f <sub>m</sub> -f <sub>w</sub> [-]	f <sub>s</sub> /f <sub>w</sub> [-]	n	Nm [-]	FL [-]
M1	1	0,889	1,017	1,020	0,0749	0,00861	0,000645	0,3594	0,4170	13,717	10033,8	0,0000436	0,0310	0,38595	12,442	0,009	0,077	0,230
M1	2	0,859	1,018	1,020	0,0841	0,01029	0,000866	0,5827	0,0617	35,669	20362,8	0,0000364	0,0258	0,03587	1,391	0,009	0,111	0,401
M1	3	1,023	1,017	1,018	0,0861	0,01061	0,000914	0,7060	0,0486	40,196	26011,6	0,0000353	0,0243	0,02426	0,999	0,009	0,132	0,407
M1	4	0,858	1,018	1,020	0,0839	0,01026	0,000861	0,5777	0,0722	32,974	20054,0	0,0000365	0,0259	0,04627	1,787	0,009	0,110	0,398
M1	5	0,859	1,018	1,020	0,0841	0,01029	0,000866	0,5814	0,0477	40,575	20312,3	0,0000364	0,0258	0,02185	0,847	0,009	0,111	0,400
M1	6	0,763	1,019	1,021	0,0855	0,01052	0,000899	0,7282	0,0333	48,573	26301,3	0,0000356	0,0242	0,00902	0,372	0,009	0,137	0,573
M1	7	0,643	1,019	1,024	0,0741	0,00844	0,000625	0,3788	0,2840	16,621	9780,6	0,0000444	0,0312	0,25273	8,090	0,009	0,082	0,333
M2	8	0,714	1,025	1,030	0,0741	0,00844	0,000625	0,3585	0,4536	13,152	9775,5	0,0000444	0,0312	0,42234	13,517	0,009	0,078	0,232
M2	9	0,687	1,028	1,030	0,0807	0,00972	0,000784	0,6304	0,1044	27,415	20888,9	0,0000386	0,0256	0,07875	3,072	0,009	0,125	0,446
M2	10	0,832	1,025	1,027	0,0861	0,01061	0,000914	0,7124	0,0682	33,904	26504,5	0,0000353	0,0242	0,04407	1,822	0,009	0,133	0,411
M2	11	0,689	1,028	1,030	0,0811	0,00979	0,000794	0,6362	0,1059	27,217	21321,3	0,0000383	0,0255	0,08041	3,153	0,009	0,125	0,448
M2	12	0,688	1,028	1,030	0,0811	0,00979	0,000794	0,6333	0,0927	29,088	21215,3	0,0000383	0,0255	0,06719	2,631	0,009	0,125	0,446
M2	13	0,610	1,030	1,033	0,0841	0,01029	0,000866	0,7608	0,0453	41,606	27002,4	0,0000364	0,0241	0,02124	0,882	0,009	0,145	0,603
M2	14	0,510	1,030	1,038	0,0733	0,00827	0,000606	0,3850	0,4251	13,585	9727,2	0,0000454	0,0313	0,39381	12,586	0,009	0,085	0,341
M3	15	0,439	1,067	1,079	0,0741	0,00844	0,000625	0,3701	0,4724	12,887	10276,5	0,0000444	0,0308	0,44158	14,327	0,009	0,080	0,239
M3	16	0,418	1,073	1,080	0,0801	0,00961	0,000770	0,6444	0,1148	26,139	21332,2	0,0000390	0,0255	0,08932	3,502	0,009	0,128	0,458
M3	17	0,506	1,066	1,071	0,0857	0,01055	0,000904	0,7185	0,1110	26,583	26875,7	0,0000355	0,0241	0,08869	3,606	0,009	0,134	0,415
M3	18	0,419	1,073	1,080	0,0803	0,00964	0,000774	0,6511	0,1073	27,041	21713,4	0,0000389	0,0254	0,0819	3,226	0,009	0,129	0,462
M3	19	0,418	1,073	1,080	0,0801	0,00961	0,000770	0,6475	0,1142	26,206	21495,9	0,0000390	0,0255	0,0888	3,488	0,009	0,129	0,460
M3	20	0,374	1,078	1,085	0,0831	0,01013	0,000842	0,7748	0,0600	36,171	27305,9	0,0000370	0,0240	0,0359	1,497	0,009	0,149	0,619
M3	21	0,318	1,078	1,097	0,0741	0,00844	0,000625	0,3961	0,4110	13,815	10477,5	0,0000444	0,0307	0,3804	12,407	0,009	0,086	0,347
M1	1	0,889	1,017	1,020	0,0701	0,00755	0,000529	0,4378	0,3547	14,872	10720,8	0,0000497	0,0305	0,32424	10,638	0,009	0,102	0,300
M1	1	0,889	1,017	1,020	0,0721	0,00801	0,000577	0,4013	0,4211	13,650	10423,4	0,0000468	0,0307	0,39037	12,713	0,009	0,090	0,267
M1	1	0,889	1,017	1,020	0,0731	0,00823	0,000601	0,3853	0,4385	13,376	10280,8	0,0000456	0,0308	0,40764	13,227	0,009	0,085	0,253
M1	1	0,889	1,017	1,020	0,0737	0,00835	0,000616	0,3762	0,4340	13,445	10197,1	0,0000449	0,0309	0,40310	13,051	0,009	0,082	0,245
M1	1	0,889	1,017	1,020	0,0745	0,00852	0,000635	0,3648	0,4379	13,385	10087,6	0,0000440	0,0310	0,40695	13,138	0,009	0,079	0,235
M1	1	0,889	1,017	1,020	0,0749	0,00861	0,000645	0,3594	0,4170	13,717	10033,8	0,0000436	0,0310	0,38595	12,442	0,009	0,077	0,230
M1	2	0,859	1,018	1,020	0,0781	0,00924	0,000722	0,6993	0,1516	22,749	21927,2	0,0000406	0,0253	0,12626	4,984	0,009	0,143	0,508
M1	2	0,859	1,018	1,020	0,0801	0,00961	0,000770	0,6556	0,1474	23,070	21379,7	0,0000390	0,0255	0,12191	4,783	0,009	0,131	0,467
M1	2	0,859	1,018	1,020	0,0807	0,00972	0,000784	0,6435	0,1274	24,813	21220,7	0,0000386	0,0255	0,10189	3,990	0,009	0,127	0,456
M1	2	0,859	1,018	1,020	0,0815	0,00986	0,000803	0,6281	0,1016	27,784	21012,4	0,0000380	0,0256	0,07603	2,971	0,009	0,123	0,442
M1	2	0,859	1,018	1,020	0,0821	0,00996	0,000818	0,6170	0,0819	30,957	20858,9	0,0000377	0,0256	0,05622	2,193	0,009	0,120	0,432
M1	2	0,859	1,018	1,020	0,0841	0,01029	0,000866	0,5827	0,0617	35,669	20362,8	0,0000364	0,0258	0,03587	1,391	0,009	0,111	0,401

**Anexo D.** Correlación adimensional para el factor de fricción  $f_s/f_w$ .

El análisis de varianza proporciona los siguientes datos para cada tipo de mezcla y canal:

**Coefficiente de correlación (R):** mide el grado de covariación entre las distintas variables relacionadas.

**Índice de determinación múltiple  $R^2$ :** mide la tasa porcentual de los cambios de  $f_s/f_w$  que pueden ser explicados por  $d^*$  y  $S$  simultáneamente.

**$R^2$  ajustado:** tiene en cuenta el tamaño de la muestra a la hora de determinar la proporción anterior ( $R^2$ ).

**Error estándar de estimación:** permite deducir la confiabilidad de la ecuación de regresión que hemos desarrollado

**Observaciones:** es la cantidad de datos o muestra tomada para el proceso de correlación.

**Cuadro D. 1. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con arena para  $f_s/f_w$ .**

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>f_s/f_w</math> vs. <math>d^*</math> y <math>S</math></b>					
$f_s/f_w$	$d^*$	$S$	$f_s/f_w$		
			Calculado	Experimental	Error
0,10734261	2,69879111	-1,30226907	1,2804	1,5071	17,7
0,22101335	2,17812901	-1,23781108	1,6635	1,8446	10,9
0,42738806	2,56824023	-0,99021267	2,6754	3,6329	35,8
0,66341585	2,11614536	-0,98540049	4,6070	3,7514	18,6
0,30787081	2,57424365	-1,13200735	2,0318	2,4411	20,1
0,45515613	2,57475616	-1,13537399	2,8520	2,4181	15,2
0,65243361	2,63448402	-1,03745124	4,4919	3,1738	29,3
0,54230016	2,57458059	-1,15970084	3,4858	2,2588	35,2
0,00099674	2,70758325	-1,15437201	1,0023	2,2802	127,5
0,05358484	2,18665357	-1,33046327	1,1313	1,4223	25,7
0,28887225	2,57849601	-1,15791729	1,9448	2,2697	16,7
0,17441972	2,12545986	-1,27579417	1,4942	1,6620	11,2
0,38360473	2,57838720	-1,12370319	2,4188	2,4981	3,3
0,31363051	2,57849601	-1,32259065	2,0589	1,4307	30,5
0,51282582	2,64163739	-1,14563339	3,2571	2,3431	28,1
0,23696004	2,57687553	-1,34665003	1,7257	1,3375	22,5
Error promedio:					<b>28,0</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal circular con arena, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variables independientes:	$d^{*'}, S$ .
Coefficiente de correlación (R):	59%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	49%
$R^2$ ajustado:	42%
Error estándar de estimación:	16%
Observaciones:	16

**Cuadro D. 2. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con plomo para  $f_s/f_w$ .**

DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA $f_s/f_w$ vs. $d^{*'} y S$					
$f_s/f_w$	$d^{*}'$	$S$	$f_s/f_w$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,47876085	2,69790101	-2,04015714	0,3321	0,3265	1,7
0,38323259	2,17748075	-1,55853538	2,4168	2,3199	4,0
0,06031580	2,56884239	-1,64768003	1,1490	1,6282	41,7
0,97375511	2,11350338	-1,17423925	9,4136	11,2105	19,1
0,04194216	2,56872605	-1,68797462	1,1014	1,3800	25,3
0,27276352	2,56884239	-1,70645803	1,8740	1,2792	31,7
0,92794446	2,63109378	-1,27346551	8,4712	7,5782	10,5
-0,22387178	2,56775388	-1,93252326	0,5972	0,5058	15,3
0,10528890	2,69915316	-1,67607540	1,2744	1,4548	14,2
-0,74100107	2,17752409	-2,14736711	0,1816	0,2070	14,0
-0,12811894	2,56872605	-1,77445510	0,7445	0,9677	30,0
0,80512064	2,11423850	-1,37212085	6,3844	4,9764	22,1
0,13583973	2,56980754	-1,63682210	1,3672	1,7025	24,5
-0,28611274	2,56969317	-1,98900462	0,5175	0,4012	22,5
1,01369038	2,63434280	-1,22308782	10,3203	9,3198	9,7
0,07278594	2,56922578	-1,76715587	1,1825	0,9971	15,7
Error promedio:					<b>18,9</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal circular con plomo, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variables independientes:	$d^{*'}, S$ .
Coefficiente de correlación (R):	98%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	97%
$R^2$ ajustado:	96%
Error estándar de estimación:	10%
Observaciones:	16

**Cuadro D. 3. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con mezcla para  $f_s/f_w$ .**

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>f_s/f_w</math> vs. <math>d^*</math> y <math>S</math></b>					
$f_s/f_w$	$d^*$	$S$	$f_s/f_w$		
			Calculado	Experimental	Error
0,75100474	2,84031161	-1,07992427	5,6364	2,6572	52,9
-0,20869562	2,84641287	-1,14910777	0,6184	1,5258	146,7
-0,25353578	2,88937303	-1,30475787	0,5578	0,4330	22,4
-0,50847300	2,84660439	-1,25305105	0,3101	0,6653	114,5
-0,44661923	2,84685737	-1,23355326	0,3576	0,7773	117,4
-0,32779633	2,81912291	-1,42145548	0,4701	0,1753	62,7
0,72297970	2,75283753	-1,13368741	5,2842	1,7898	66,1
0,62703085	2,66169069	-1,12042548	4,2367	2,0616	51,3
-0,63776162	2,66091397	-1,28762854	0,2303	0,5427	135,7
-0,26829680	2,71449694	-1,30726101	0,5391	0,4544	15,7
-0,33659399	2,66100875	-1,18737227	0,4607	1,2083	162,3
-0,49150605	2,66110275	-1,22724378	0,3225	0,8788	172,5
-0,04228296	2,63094113	-1,29979445	0,9072	0,4982	45,1
0,65807055	2,56695123	-1,14736711	4,5506	1,7251	62,1
0,52553526	2,25333716	-1,12700583	3,3538	2,2933	31,6
-0,54240082	2,24908991	-1,25750539	0,2868	0,8104	182,5
-0,07021074	2,30047187	-1,36633017	0,8507	0,3332	60,8
-0,39434162	2,24907369	-1,24211106	0,4033	0,9163	127,2
-0,74790626	2,24936091	-1,32259065	0,1787	0,4819	169,7
-0,35013840	2,22599433	-1,43809715	0,4465	0,1934	56,7
0,74008980	2,16595473	-1,07548510	5,4965	3,5800	34,9
Error promedio:					<b>90,0</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^*$ , y  $S$  en canal circular con mezcla, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variables independientes:	$d^*$ , $S$
Coefficiente de correlación (R):	59%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	50%
$R^2$ ajustado:	42%
Error estándar de estimación:	15.3%
Observaciones:	21

**Cuadro D. 4. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con arena para  $fs/fw$ .**

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>fs/fw</math> vs. <math>d^{*'} y S</math></b>					
$fs/fw$	$d^{*'}$	$S$	$fs/fw$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,43635932	2,25639194	-1,50788062	0,3661	0,3870	5,7
-0,12982625	1,91399307	-1,29979445	0,7416	1,0687	44,1
-0,16159094	2,25639413	-1,39608800	0,6893	0,5904	14,4
0,05135246	2,26001492	-1,22308782	1,1255	1,1324	0,6
0,39034747	2,69569855	-1,10282735	2,4567	1,3320	45,8
-0,16696924	2,26001566	-1,37798978	0,6808	0,6306	7,4
-0,26872663	2,69576746	-1,33848124	0,5386	0,5467	1,5
0,01964258	1,91753035	-1,30475787	1,0463	1,0464	0,0
-0,71616905	2,26361133	-1,61588819	0,1922	0,2560	33,2
-0,04266126	1,92121017	-1,30226907	0,9064	1,0536	16,2
-0,43739214	2,26001566	-1,47342511	0,3653	0,4397	20,4
-0,42368700	2,26001551	-1,62622902	0,3770	0,2468	34,5
0,00697704	2,68916004	-1,17609126	1,0162	1,0143	0,2
-0,26136091	2,25347818	-1,65881639	0,5478	0,2192	60,0
-1,02373890	2,68923063	-1,52411782	0,0947	0,2723	187,6
0,11755560	1,91100334	-1,22933677	1,3109	1,3975	6,6
Error promedio:					<b>29,9</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $fs/fw$  vs.  $d^{*'}$  y  $S$  en canal rectangular con arena, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$fs/fw$
Variables independientes:	$d^{*'}$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	58%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	70%
$R^2$ ajustado:	65%
Error estándar de estimación:	20%
Observaciones:	16

**Cuadro D. 5. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con plomo para  $fs/fw$ .**

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>fs/fw</math> vs. <math>d^{*'}</math> y <math>S</math></b>					
$fs/fw$	$d^{*'}$	$S$	$fs/fw$		
			Calculado	Experimental	Error
0,24589435	2,25201431	-1,75291543	1,7615	1,7658	0,2
-0,65446512	1,90961409	-2,24427712	0,2216	0,2406	8,6
0,24074066	2,25128066	-1,63149326	1,7408	2,5917	48,9
0,08194004	2,25128081	-1,70645803	1,2076	2,0439	69,2

Complemento Cuadro D. 5.						
0,88442534	2,69061553	-1,73912714	7,6635	3,2275	57,9	
0,12273800	2,25347756	-1,85511104	1,3266	1,2798	3,5	
0,83456913	2,68923101	-1,31485820	6,8323	12,3545	80,8	
0,90097841	1,91099642	-1,33311951	7,9612	4,3213	45,7	
0,53297235	2,25201369	-1,58626572	3,4117	2,9938	12,2	
-0,80531087	1,90961433	-2,26655352	0,1566	0,2242	43,2	
0,51045212	2,25201400	-1,42145548	3,2393	5,0463	55,8	
0,20538916	2,25201415	-1,63682210	1,6047	2,5507	59,0	
0,61342414	2,68768958	-1,96552352	4,1060	1,5695	61,8	
0,34485401	2,25128004	-1,70645803	2,2124	2,0439	7,6	
0,46964483	2,68703383	-1,59591711	2,9488	5,0572	71,5	
0,95549820	1,90880153	-1,32782317	9,0261	4,3821	51,5	
Error promedio:						<b>42,3</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $fs/fw$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal rectangular con plomo, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$fs/fw$
Variables independientes:	$d^{*'}, S$ .
Coefficiente de correlación (R):	31%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	79%
$R^2$ ajustado:	76%
Error estándar de estimación:	24%
Observaciones:	16

**Cuadro D. 6. Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con mezcla para  $fs/fw$ .**

DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA $fs/fw$ vs. $d^{*'} y S$						
$fs/fw$	$d^{*}'$	$S$	$fs/fw$			
			Calculado	Experimental	Error	
1,09488514	2,84377844	-1,09814909	12,4419	12,3288	0,9	
0,14330153	2,84854519	-1,58626572	1,3909	0,8999	35,3	
-0,00050492	2,89024661	-1,53670694	0,9988	1,2336	23,5	
0,25216351	2,84724788	-1,52411782	1,7872	1,2548	29,8	
-0,07231079	2,84845373	-1,70020908	0,8466	0,4878	42,4	
-0,42894213	2,82202330	-1,67024585	0,3724	0,5554	49,1	
0,90795731	2,76111704	-1,21085337	8,0902	6,1040	24,6	
1,13088958	2,66461161	-1,05534864	13,5173	12,5653	7,0	
0,48742935	2,66253278	-1,26427375	3,0721	4,0787	32,8	
0,26058275	2,71707674	-1,38095426	1,8221	2,3233	27,5	
0,49869776	2,66413332	-1,25305105	3,1528	4,3404	37,7	
0,42016508	2,66394609	-1,31485820	2,6313	3,1131	18,3	
-0,05444751	2,63375335	-1,48840227	0,8822	1,1823	34,0	
1,09990398	2,56988497	-1,01255274	12,5865	14,1450	12,4	
1,15616920	2,25626320	-1,01001300	14,3275	9,9112	30,8	

Complemento Cuadro D. 6.					
0,54437686	2,25146136	-1,19895414	3,5025	3,5704	1,9
0,55701937	2,30456242	-1,15970084	3,6059	4,6934	30,2
0,50860190	2,25283908	-1,22102466	3,2255	3,1762	1,5
0,54255427	2,25238009	-1,19700225	3,4878	3,6120	3,6
0,17513297	2,22956760	-1,34390999	1,4967	1,5967	6,7
1,09367115	2,17398682	-1,01128101	12,4071	8,9348	28,0
Error promedio:					<b>22,8</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal rectangular con mezcla, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variables independientes:	$d^{*'}$ , $S$
Coefficiente de correlación (R):	63%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	83%
$R^2$ ajustado:	82%
Error estándar de estimación:	18%
Observaciones:	21

**Cuadro D. 7. Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con arena para  $f_s/f_w$ .**

**DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'}$  y  $S$**

$f_s/f_w$	$d^{*'}$	$S$	$f_s/f_w$		
			Calculado	Experimental	Error
0,10113293	2,69879111	-0,98301425	1,2622	2,3626	87,2
0,06459618	2,69879111	-1,07109085	1,1604	2,1203	82,7
0,13522266	2,69879111	-1,08290912	1,3653	2,0897	53,1
0,17443224	2,69879111	-1,14390658	1,4943	1,9389	29,8
0,06999394	2,69879111	-1,21897126	1,1749	1,7681	50,5
0,10734261	2,69879111	-1,30226907	1,2804	1,5962	24,7
0,09939088	2,17812901	-0,98900462	1,2572	2,3408	86,2
0,17868853	2,17812901	-1,02547912	1,5090	2,2382	48,3
0,17983813	2,17812901	-1,04976278	1,5130	2,1724	43,6
0,24818809	2,17812901	-1,11073821	1,7709	2,0157	13,8
0,42011016	2,17812901	-1,07992427	2,6309	2,0934	20,4
0,22101335	2,17812901	-1,23781108	1,6635	1,7244	3,7
0,29262091	2,56824023	-0,88066514	1,9616	2,6778	36,5
0,32670554	2,56824023	-0,90284260	2,1218	2,6058	22,8
0,36238560	2,56824023	-0,92102502	2,3035	2,5482	10,6
0,39150196	2,56824023	-0,94108106	2,4632	2,4862	0,9
0,39191047	2,56824023	-0,96666791	2,4655	2,4093	2,3
0,42738806	2,56824023	-0,99021267	2,6754	2,3406	12,5
0,39959530	2,11614536	-0,89597226	2,5095	2,6235	4,5
0,43957863	2,11614536	-0,91386335	2,7516	2,5665	6,7

Complemento Cuadro D. 7.						
0,54017412	2,11614536	-0,92621379	3,4688	2,5279	27,1	
0,64599034	2,11614536	-0,94324713	4,4258	2,4755	44,1	
0,66928566	2,11614536	-0,96210834	4,6697	2,4188	48,2	
0,66341585	2,11614536	-0,98540049	4,6070	2,3506	49,0	
0,22247930	2,57424365	-0,92102502	1,6691	2,5483	52,7	
0,32371630	2,57424365	-0,95313036	2,1073	2,4498	16,3	
0,32580280	2,57424365	-0,99021267	2,1174	2,3407	10,5	
0,36623563	2,57424365	-1,03342376	2,3240	2,2197	4,5	
0,37203581	2,57424365	-1,05675640	2,3552	2,1570	8,4	
0,30787081	2,57424365	-1,13200735	2,0318	1,9665	3,2	
0,37760459	2,57475616	-0,86497160	2,3856	2,7299	14,4	
0,40114806	2,57475616	-0,90284260	2,5185	2,6059	3,5	
0,54308227	2,57475616	-0,94433422	3,4921	2,4764	29,1	
0,54847286	2,57475616	-0,99021267	3,5357	2,3407	33,8	
0,53566842	2,57475616	-1,05394542	3,4330	2,1644	37,0	
0,45515613	2,57475616	-1,13537399	2,8520	1,9584	31,3	
0,53531596	2,63448402	-0,85511104	3,4302	2,7638	19,4	
0,57375059	2,63448402	-0,88160619	3,7476	2,6753	28,6	
0,61774837	2,63448402	-0,91082985	4,1471	2,5810	37,8	
0,65927502	2,63448402	-0,94761193	4,5633	2,4670	45,9	
0,66981624	2,63448402	-0,98659855	4,6754	2,3516	49,7	
0,65243361	2,63448402	-1,03745124	4,4919	2,2092	50,8	
0,36262946	2,57458059	-0,89694711	2,3048	2,6248	13,9	
0,52959435	2,57458059	-0,93678108	3,3853	2,4995	26,2	
0,53488021	2,57458059	-0,98064105	3,4267	2,3684	30,9	
0,50764715	2,57458059	-1,03610459	3,2185	2,2124	31,3	
0,56996378	2,57458059	-1,10282735	3,7150	2,0383	45,1	
0,54230016	2,57458059	-1,15970084	3,4858	1,9008	45,5	
0,19367927	2,70758325	-0,94108106	1,5620	2,4875	59,3	
0,15104259	2,70758325	-0,97127585	1,4159	2,3969	69,3	
0,12934111	2,70758325	-1,01639042	1,3469	2,2677	68,4	
0,11635349	2,70758325	-1,05254673	1,3072	2,1692	65,9	
0,10470993	2,70758325	-1,09046226	1,2727	2,0705	62,7	
0,00099674	2,70758325	-1,15437201	1,0023	1,9142	91,0	
0,17656041	2,18665357	-0,95202105	1,5016	2,4496	63,1	
0,25623496	2,18665357	-1,00497764	1,8040	2,2953	27,2	
0,21382740	2,18665357	-1,06963593	1,6362	2,1201	29,6	
0,20769138	2,18665357	-1,14390658	1,6132	1,9353	20,0	
0,16575379	2,18665357	-1,23781108	1,4647	1,7244	17,7	
0,05358484	2,18665357	-1,33046327	1,1313	1,5389	36,0	
0,22388119	2,57849601	-0,94542404	1,6745	2,4731	47,7	
0,39812875	2,57849601	-0,97359828	2,5011	2,3890	4,5	
0,41402371	2,57849601	-1,01382820	2,5943	2,2738	12,4	
0,38221094	2,57849601	-1,05816874	2,4111	2,1533	10,7	
0,34063049	2,57849601	-1,10282735	2,1909	2,0383	7,0	
0,28887225	2,57849601	-1,15791729	1,9448	1,9050	2,0	
0,34991603	2,12545986	-0,93252326	2,2383	2,5084	12,1	
0,33216118	2,12545986	-0,99021267	2,1486	2,3368	8,8	
0,31699899	2,12545986	-1,04424785	2,0749	2,1868	5,4	

Complemento Cuadro D. 7.						
0,24058433	2,12545986	-1,11555484	1,7401	2,0034	15,1	
0,19544056	2,12545986	-1,19505910	1,5683	1,8170	15,9	
0,17441972	2,12545986	-1,27579417	1,4942	1,6454	10,1	
0,32570741	2,57838720	-0,88066514	2,1169	2,6779	26,5	
0,32907658	2,57838720	-0,91386335	2,1334	2,5709	20,5	
0,40760414	2,57838720	-0,95647539	2,5563	2,4398	4,6	
0,37476647	2,57838720	-1,00372787	2,3701	2,3022	2,9	
0,39406798	2,57838720	-1,05675640	2,4778	2,1570	12,9	
0,38360473	2,57838720	-1,12370319	2,4188	1,9867	17,9	
0,17461128	2,57849601	-0,96097589	1,4949	2,4263	62,3	
0,23421973	2,57849601	-1,02156065	1,7148	2,2523	31,3	
0,24290513	2,57849601	-1,07255067	1,7495	2,1156	20,9	
0,35097353	2,57849601	-1,13537399	2,2437	1,9585	12,7	
0,35172109	2,57849601	-1,21692751	2,2476	1,7718	21,2	
0,31363051	2,57849601	-1,32259065	2,0589	1,5561	24,4	
0,46254911	2,64163739	-0,95091457	2,9010	2,4570	15,3	
0,47645757	2,64163739	-0,98301425	2,9954	2,3621	21,1	
0,51263771	2,64163739	-1,01639042	3,2556	2,2672	30,4	
0,50109456	2,64163739	-1,06386449	3,1703	2,1388	32,5	
0,49680456	2,64163739	-1,10439803	3,1391	2,0349	35,2	
0,51282582	2,64163739	-1,14563339	3,2571	1,9344	40,6	
0,25428737	2,57687553	-0,94000207	1,7959	2,4896	38,6	
0,20672579	2,57687553	-0,99142409	1,6096	2,3372	45,2	
0,30690142	2,57687553	-1,06243353	2,0272	2,1420	5,7	
0,34666586	2,57687553	-1,14736711	2,2216	1,9298	13,1	
0,28650941	2,57687553	-1,22933677	1,9342	1,7450	9,8	
0,23696004	2,57687553	-1,34665003	1,7257	1,5108	12,5	
Error promedio:					<b>29,2</b>	

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal circular con arena, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variables independientes:	$d^{*'}, S$ .
Coefficiente de correlación (R):	69%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	14%
$R^2$ ajustado:	12%
Error estándar de estimación:	52%
Observaciones:	96

**Cuadro D. 8.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con plomo para  $f_s/f_w$ .

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>f_s/f_w</math> vs. <math>d^{*'} y S</math></b>						
$f_s/f_w$	$d^{*'}$	$S$	$f_s/f_w$			
			Calculado	Experimental	Error	
0,57528449	2,69790101	-1,00123907	3,7608	5,9949	59,4	
0,57235873	2,69790101	-1,08440927	3,7356	4,8834	30,7	
0,54470761	2,69790101	-1,19700225	3,5052	3,6996	5,5	
0,39682734	2,69790101	-1,35497542	2,4936	2,5061	0,5	
0,14273054	2,69790101	-1,63149326	1,3891	1,2674	8,8	
-0,47876085	2,69790101	-2,04015714	0,3321	0,4627	39,3	
0,50648938	2,17748075	-0,97011927	3,2099	8,4692	163,8	
0,54208490	2,17748075	-1,03745124	3,4841	7,1737	105,9	
0,56854392	2,17748075	-1,13200735	3,7029	5,6819	53,4	
0,60086786	2,17748075	-1,24427712	3,9890	4,3080	8,0	
0,53249761	2,17748075	-1,36921586	3,4080	3,1658	7,1	
0,38323259	2,17748075	-1,55853538	2,4168	1,9850	17,9	
0,51955086	2,56884239	-0,99753241	3,3079	6,4670	95,5	
0,51677208	2,56884239	-1,07992427	3,2868	5,2781	60,6	
0,49523244	2,56884239	-1,17055877	3,1278	4,2211	35,0	
0,41035223	2,56884239	-1,30226907	2,5725	3,0506	18,6	
0,32252796	2,56884239	-1,42803582	2,1015	2,2372	6,5	
0,06031580	2,56884239	-1,64768003	1,1490	1,3017	13,3	
1,01617911	2,11350338	-0,95535752	10,3796	9,0783	12,5	
1,09250531	2,11350338	-0,97945930	12,3739	8,5545	30,9	
1,07735543	2,11350338	-1,03745124	11,9497	7,4147	38,0	
1,03559596	2,11350338	-1,08440927	10,8542	6,6041	39,2	
1,01840040	2,11350338	-1,13368741	10,4328	5,8485	43,9	
0,97375511	2,11350338	-1,17423925	9,4136	5,2920	43,8	
0,75390487	2,56872605	-0,99876445	5,6742	6,4477	13,6	
0,70304405	2,56872605	-1,07548510	5,0471	5,3365	5,7	
0,62945935	2,56872605	-1,16873016	4,2605	4,2404	0,5	
0,54111198	2,56872605	-1,28285603	3,4763	3,2004	7,9	
0,34524858	2,56872605	-1,44493657	2,2144	2,1461	3,1	
0,04194216	2,56872605	-1,68797462	1,1014	1,1787	7,0	
0,66773335	2,56884239	-1,00497764	4,6530	6,3493	36,5	
0,64441728	2,56884239	-1,09505801	4,4098	5,0847	15,3	
0,59600564	2,56884239	-1,18737227	3,9446	4,0496	2,7	
0,58360402	2,56884239	-1,30726101	3,8336	3,0133	21,4	
0,48782718	2,56884239	-1,45894729	3,0749	2,0731	32,6	
0,27276352	2,56884239	-1,70645803	1,8740	1,1261	39,9	
0,95852441	2,63109378	-0,97710539	9,0892	6,5858	27,5	
0,90300596	2,63109378	-1,02679318	7,9985	5,8264	27,2	
0,96765944	2,63109378	-1,06674062	9,2824	5,2799	43,1	
0,99959236	2,63109378	-1,12700583	9,9906	4,5509	54,4	
0,93269464	2,63109378	-1,18737227	8,5644	3,9215	54,2	
0,92794446	2,63109378	-1,27346551	8,4712	3,1715	62,6	

<b>Complemento Cuadro D. 8.</b>						
0,64196535	2,56775388	-1,01639042	4,3850	6,1766	40,9	
0,61833871	2,56775388	-1,10755655	4,1528	4,9332	18,8	
0,59239941	2,56775388	-1,22724378	3,9120	3,6725	6,1	
0,50245198	2,56775388	-1,38694462	3,1802	2,4772	22,1	
0,22271850	2,56775388	-1,64768003	1,6700	1,3024	22,0	
-0,22387178	2,56775388	-1,93252326	0,5972	0,6453	8,0	
0,48474174	2,69915316	-0,99507876	3,0531	6,0827	99,2	
0,43709856	2,69915316	-1,09198878	2,7359	4,7899	75,1	
0,30226031	2,69915316	-1,24427712	2,0057	3,2904	64,1	
0,10838189	2,69915316	-1,48084913	1,2835	1,8362	43,1	
0,02156168	2,69915316	-1,58626572	1,0509	1,4159	34,7	
0,10528890	2,69915316	-1,67607540	1,2744	1,1347	11,0	
0,41801920	2,17752409	-0,99876445	2,6183	7,8915	201,4	
0,45118051	2,17752409	-1,08591463	2,8261	6,3656	125,2	
0,38332174	2,17752409	-1,21085337	2,4173	4,6779	93,5	
0,44267219	2,17752409	-1,35497542	2,7712	3,2789	18,3	
0,29968389	2,17752409	-1,61080867	1,9938	1,7449	12,5	
-0,74100107	2,17752409	-2,14736711	0,1816	0,4648	156,0	
0,47547039	2,56872605	-0,99876445	2,9886	6,4477	115,7	
0,48764317	2,56872605	-1,07255067	3,0736	5,3752	74,9	
0,43612481	2,56872605	-1,18737227	2,7298	4,0499	48,4	
0,31850081	2,56872605	-1,34118713	2,0821	2,7716	33,1	
0,17140778	2,56872605	-1,53246989	1,4839	1,7295	16,5	
-0,12811894	2,56872605	-1,77445510	0,7445	0,9523	27,9	
0,96964878	2,11423850	-0,95759615	9,3250	9,0249	3,2	
1,04531195	2,11423850	-0,98659855	11,0997	8,4020	24,3	
1,01694149	2,11423850	-1,01255274	10,3978	7,8812	24,2	
1,07362641	2,11423850	-1,04976278	11,8475	7,1903	39,3	
1,03592500	2,11423850	-1,08440927	10,8624	6,6016	39,2	
0,80512064	2,11423850	-1,37212085	6,3844	3,2476	49,1	
0,73331904	2,56980754	-0,99021267	5,4115	6,5814	21,6	
0,70390335	2,56980754	-1,08290912	5,0571	5,2367	3,6	
0,51279172	2,56980754	-1,26200589	3,2568	3,3673	3,4	
0,48796405	2,56980754	-1,31231101	3,0758	2,9745	3,3	
0,30465381	2,56980754	-1,47342511	2,0168	1,9994	0,9	
0,13583973	2,56980754	-1,63682210	1,3672	1,3364	2,3	
0,67492610	2,56969317	-0,99753241	4,7307	6,4641	36,6	
0,66467573	2,56969317	-1,07695979	4,6204	5,3144	15,0	
0,58360441	2,56969317	-1,17609126	3,8336	4,1620	8,6	
0,59692912	2,56969317	-1,31231101	3,9530	2,9747	24,7	
0,46366447	2,56969317	-1,48084913	2,9085	1,9632	32,5	
-0,28611274	2,56969317	-1,98900462	0,5175	0,5608	8,4	
1,01893213	2,63434280	-0,96097589	10,4456	6,8415	34,5	
0,97598139	2,63434280	-1,00000000	9,4620	6,2139	34,3	
1,02696730	2,63434280	-1,04699656	10,6406	5,5340	48,0	
1,06596300	2,63434280	-1,09660080	11,6403	4,8969	57,9	
0,99303668	2,63434280	-1,16329007	9,8409	4,1544	57,8	
1,01369038	2,63434280	-1,22308782	10,3203	3,5849	65,3	
0,65659860	2,56922578	-1,00497764	4,5352	6,3481	40,0	

Complemento Cuadro D. 8.						
0,62097306	2,56922578	-1,10597442	4,1780	4,9487	18,4	
0,51819506	2,56922578	-1,22102466	3,2976	3,7265	13,0	
0,45936868	2,56922578	-1,35497542	2,8798	2,6783	7,0	
0,19250680	2,56922578	-1,60082444	1,5578	1,4608	6,2	
0,07278594	2,56922578	-1,76715587	1,1825	0,9694	18,0	
					Error promedio:	<b>30,5</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal circular con plomo, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variables independientes:	$d^{*'}$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	95%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	91%
$R^2$ ajustado:	90%
Error estándar de estimación:	12%
Observaciones:	96

**Cuadro D. 9.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con mezcla para  $f_s/f_w$ .

**DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'}$  y  $S$**

$f_s/f_w$	$d^{*'}$	$S$	$f_s/f_w$		
			Calculado	Experimental	Error
0,55754422	2,84031161	-0,95535752	3,6103	1,2275	66,0
0,60918799	2,84031161	-0,97476418	4,0662	1,1563	71,6
0,67549349	2,84031161	-0,98540049	4,7369	1,1191	76,4
0,70626110	2,84031161	-1,01001300	5,0847	1,0374	79,6
0,70307626	2,84031161	-1,02943327	5,0475	0,9772	80,6
0,75100474	2,84031161	-1,07992427	5,6364	0,8365	85,2
0,02585715	2,84641287	-0,91082985	1,0613	1,4031	32,2
-0,02273894	2,84641287	-0,94651661	0,9490	1,2571	32,5
-0,02765892	2,84641287	-0,99630385	0,9383	1,0785	14,9
-0,07492350	2,84641287	-1,04699656	0,8415	0,9226	9,6
-0,12829793	2,84641287	-1,09505801	0,7442	0,7957	6,9
-0,20869562	2,84641287	-1,14910777	0,6184	0,6737	8,9
-0,85021754	2,88937303	-0,95313036	0,1412	1,2028	752,0
-0,58316762	2,88937303	-1,01896784	0,2611	0,9821	276,1
-0,34307399	2,88937303	-1,08141413	0,4539	0,8103	78,5
-0,33907285	2,88937303	-1,17239511	0,4581	0,6124	33,7
-0,28281903	2,88937303	-1,23995575	0,5214	0,4974	4,6
-0,25353578	2,88937303	-1,30475787	0,5578	0,4074	27,0
-0,51219536	2,84660439	-0,94761193	0,3075	1,2528	307,4
-0,44935640	2,84660439	-1,00123907	0,3553	1,0621	198,9
-0,47619560	2,84660439	-1,06674062	0,3340	0,8681	159,9
-0,46819793	2,84660439	-1,13368741	0,3403	0,7064	107,6

<b>Complemento Cuadro D. 9.</b>						
-0,53669167	2,84660439	-1,20091484	0,2906	0,5743	97,6	
-0,50847300	2,84660439	-1,25305105	0,3101	0,4892	57,7	
-0,20802580	2,84685737	-0,94108106	0,6194	1,2780	106,3	
-0,18560845	2,84685737	-0,98064105	0,6522	1,1315	73,5	
-0,19295319	2,84685737	-1,03476211	0,6413	0,9578	49,4	
-0,23248502	2,84685737	-1,09352068	0,5855	0,7993	36,5	
-0,29348960	2,84685737	-1,14736711	0,5088	0,6772	33,1	
-0,44661923	2,84685737	-1,23355326	0,3576	0,5194	45,2	
-0,30673311	2,81912291	-0,96097589	0,4935	1,2207	147,4	
-0,24233588	2,81912291	-1,02286288	0,5724	1,0089	76,3	
-0,23556280	2,81912291	-1,09970291	0,5813	0,7964	37,0	
-0,12844878	2,81912291	-1,18169514	0,7440	0,6187	16,8	
-0,08967512	2,81912291	-1,30226907	0,8134	0,4268	47,5	
-0,32779633	2,81912291	-1,42145548	0,4701	0,2957	37,1	
0,55054953	2,75283753	-0,95424251	3,5526	1,2929	63,6	
0,60074789	2,75283753	-0,98540049	3,9879	1,1746	70,5	
0,65072858	2,75283753	-1,01510742	4,4743	1,0720	76,0	
0,68557011	2,75283753	-1,05115252	4,8481	0,9594	80,2	
0,72052742	2,75283753	-1,08591463	5,2545	0,8620	83,6	
0,72297970	2,75283753	-1,13368741	5,2842	0,7441	85,9	
0,42471454	2,66169069	-0,94542404	2,6590	1,3973	47,4	
0,48295733	2,66169069	-0,97359828	3,0406	1,2812	57,9	
0,53569568	2,66169069	-1,00874867	3,4332	1,1498	66,5	
0,57100795	2,66169069	-1,04976278	3,7240	1,0134	72,8	
0,59787239	2,66169069	-1,07992427	3,9616	0,9235	76,7	
0,62703085	2,66169069	-1,12042548	4,2367	0,8153	80,8	
-0,27925796	2,66091397	-0,98540049	0,5257	1,2360	135,1	
-0,25467477	2,66091397	-1,04015714	0,5563	1,0443	87,7	
-0,31742469	2,66091397	-1,09970291	0,4815	0,8693	80,6	
-0,32418382	2,66091397	-1,15437201	0,4740	0,7347	55,0	
-0,42094774	2,66091397	-1,22308782	0,3794	0,5946	56,7	
-0,63776162	2,66091397	-1,28762854	0,2303	0,4874	111,7	
-0,52229893	2,71449694	-0,97476418	0,3004	1,2398	312,7	
-0,45145433	2,71449694	-1,02811122	0,3536	1,0520	197,5	
-0,30492013	2,71449694	-1,08894108	0,4955	0,8723	76,0	
-0,26629337	2,71449694	-1,16149175	0,5416	0,6977	28,8	
-0,24803323	2,71449694	-1,23355326	0,5649	0,5589	1,1	
-0,26829680	2,71449694	-1,30726101	0,5391	0,4454	17,4	
-0,20983084	2,66100875	-0,94542404	0,6168	1,3978	126,6	
-0,21550537	2,66100875	-0,99142409	0,6088	1,2133	99,3	
-0,14350089	2,66100875	-1,03342376	0,7186	1,0661	48,4	
-0,21056746	2,66100875	-1,09046226	0,6158	0,8944	45,2	
-0,25884015	2,66100875	-1,14910777	0,5510	0,7466	35,5	
-0,33659399	2,66100875	-1,18737227	0,4607	0,6637	44,1	
-0,58152349	2,66110275	-0,96666791	0,2621	1,3093	399,5	
-0,49870954	2,66110275	-1,01001300	0,3172	1,1457	261,2	
-0,42011940	2,66110275	-1,05534864	0,3801	0,9964	162,2	
-0,36095180	2,66110275	-1,11394335	0,4356	0,8320	91,0	
-0,42714756	2,66110275	-1,16149175	0,3740	0,7187	92,2	

**Complemento Cuadro D. 9.**

-0,49150605	2,66110275	-1,22724378	0,3225	0,5870	82,0
-0,20955062	2,63094113	-0,95984639	0,6172	1,3596	120,3
-0,00274563	2,63094113	-1,01255274	0,9937	1,1559	16,3
0,01750045	2,63094113	-1,06674062	1,0411	0,9783	6,0
-0,01066999	2,63094113	-1,14047340	0,9757	0,7796	20,1
-0,16181992	2,63094113	-1,21692751	0,6889	0,6161	10,6
-0,04228296	2,63094113	-1,29979445	0,9072	0,4774	47,4
0,50215759	2,56695123	-0,94000207	3,1780	1,4974	52,9
0,53806363	2,56695123	-0,98779991	3,4519	1,2925	62,6
0,67694260	2,56695123	-1,03476211	4,7527	1,1185	76,5
0,60468343	2,56695123	-1,07695979	4,0242	0,9822	75,6
0,62084494	2,56695123	-1,11879586	4,1768	0,8635	79,3
0,65807055	2,56695123	-1,14736711	4,5506	0,7908	82,6
0,48951817	2,25333716	-0,93892575	3,0869	1,7875	42,1
0,50990708	2,25333716	-0,97011927	3,2352	1,6239	49,8
0,52358094	2,25333716	-1,00748802	3,3387	1,4474	56,6
0,52871810	2,25333716	-1,04837747	3,3785	1,2762	62,2
0,53310320	2,25333716	-1,08894108	3,4127	1,1263	67,0
0,52553526	2,25333716	-1,12700583	3,3538	1,0018	70,1
-0,11029228	2,24908991	-0,96896577	0,7757	1,6335	110,6
-0,15013806	2,24908991	-1,02286288	0,7077	1,3837	95,5
-0,27671168	2,24908991	-1,09505801	0,5288	1,1079	109,5
-0,38128325	2,24908991	-1,15437201	0,4156	0,9230	122,1
-0,54764661	2,24908991	-1,23143990	0,2834	0,7280	156,9
-0,54240082	2,24908991	-1,25750539	0,2868	0,6719	134,3
-0,39544625	2,30047187	-0,96097589	0,4023	1,6272	304,5
-0,10211266	2,30047187	-1,01767722	0,7905	1,3665	72,9
-0,09609053	2,30047187	-1,09505801	0,8015	1,0768	34,3
0,12909196	2,30047187	-1,18547163	1,3461	0,8152	39,4
0,07696426	2,30047187	-1,25974981	1,1939	0,6485	45,7
-0,07021074	2,30047187	-1,36633017	0,8507	0,4671	45,1
-0,30152581	2,24907369	-0,98182603	0,4994	1,5701	214,4
-0,23700240	2,24907369	-1,02943327	0,5794	1,3560	134,0
-0,18365689	2,24907369	-1,08440927	0,6552	1,1449	74,7
-0,20445002	2,24907369	-1,14390658	0,6245	0,9532	52,6
-0,33747715	2,24907369	-1,21085337	0,4598	0,7757	68,7
-0,39434162	2,24907369	-1,24211106	0,4033	0,7045	74,7
-0,13357335	2,24936091	-0,98301425	0,7352	1,5641	112,7
-0,22778816	2,24936091	-1,05675640	0,5919	1,2464	110,6
-0,23996037	2,24936091	-1,11879586	0,5755	1,0297	78,9
-0,41384505	2,24936091	-1,19505910	0,3856	0,8142	111,1
-0,61023881	2,24936091	-1,27579417	0,2453	0,6350	158,8
-0,74790626	2,24936091	-1,32259065	0,1787	0,5498	207,7
-0,29164630	2,22599433	-0,96781532	0,5109	1,6604	225,0
-0,25758412	2,22599433	-1,04424785	0,5526	1,3122	137,5
-0,24095657	2,22599433	-1,11879586	0,5742	1,0431	81,7
-0,22494644	2,22599433	-1,21286866	0,5957	0,7808	31,1
-0,14389354	2,22599433	-1,32519903	0,7180	0,5525	23,0
-0,35013840	2,22599433	-1,43809715	0,4465	0,3903	12,6

Complemento Cuadro D. 9.						
0,71236888	2,16595473	-0,95091457	5,1567	1,8082	64,9	
0,63164071	2,16595473	-0,99263890	4,2819	1,5902	62,9	
0,65634448	2,16595473	-1,02156065	4,5326	1,4548	67,9	
0,67732015	2,16595473	-1,04424785	4,7569	1,3566	71,5	
0,711154597	2,16595473	-1,06386449	5,1469	1,2771	75,2	
0,74008980	2,16595473	-1,07548510	5,4965	1,2322	77,6	
Error promedio:					<b>91,1</b>	

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal circular con mezcla, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variables independientes:	$d^{*'}$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	79%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	13%
$R^2$ ajustado:	12%
Error estándar de estimación:	41%
Observaciones:	126

**Cuadro D. 10.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con arena para  $f_s/f_w$ .

**DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA  $f_s/f_w$  vs.  $d^{*'}$  y  $S$**

$f_s/f_w$	$d^{*'}$	$S$	$f_s/f_w$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,67660072	2,25639194	-0,92517106	0,2106	0,6028	186,3
-0,57845275	2,25639194	-0,99507876	0,2640	0,6004	127,5
-0,32736407	2,25639194	-1,08591463	0,4706	0,5973	26,9
-0,15535973	2,25639194	-1,19312460	0,6993	0,5935	15,1
-0,11147027	2,25639194	-1,33311951	0,7736	0,5888	23,9
-0,43635932	2,25639194	-1,50788062	0,3661	0,5828	59,2
0,24290103	1,91399307	-0,91794126	1,7494	0,8411	51,9
0,03078874	1,91399307	-0,97243551	1,0735	0,8385	21,9
-0,09631313	1,91399307	-1,03610459	0,8011	0,8354	4,3
-0,01782647	1,91399307	-1,09814909	0,9598	0,8324	13,3
-0,04676573	1,91399307	-1,20685062	0,8979	0,8272	7,9
-0,12982625	1,91399307	-1,29979445	0,7416	0,8227	10,9
-0,61575503	2,25639413	-0,91183866	0,2422	0,6033	149,1
-1,07799589	2,25639413	-0,97828075	0,0836	0,6010	619,2
-0,41266007	2,25639413	-1,07695979	0,3867	0,5976	54,5
-0,10509560	2,25639413	-1,13200735	0,7851	0,5957	24,1
-0,38758251	2,25639413	-1,24645404	0,4097	0,5917	44,4
-0,16159094	2,25639413	-1,39608800	0,6893	0,5866	14,9
-0,41226323	2,26001492	-0,89402910	0,3870	0,6018	55,5
-0,15194590	2,26001492	-0,95202105	0,7048	0,5998	14,9
-0,03191263	2,26001492	-0,99753241	0,9292	0,5982	35,6

<b>Complemento Cuadro D. 10.</b>						
-0,15579733	2,26001492	-1,06100728	0,6986	0,5960	14,7	
-0,27019649	2,26001492	-1,14047340	0,5368	0,5933	10,5	
0,05135246	2,26001492	-1,22308782	1,1255	0,5904	47,5	
-0,25440312	2,69569855	-0,91487924	0,5567	0,3936	29,3	
-0,16856722	2,69569855	-0,94108106	0,6783	0,3930	42,1	
-0,18841564	2,69569855	-0,97945930	0,6480	0,3922	39,5	
0,26658646	2,69569855	-1,01896784	1,8475	0,3913	78,8	
0,28627043	2,69569855	-1,06674062	1,9332	0,3902	79,8	
0,39034747	2,69569855	-1,10282735	2,4567	0,3894	84,2	
-0,47771693	2,26001566	-0,89016868	0,3329	0,6019	80,8	
-0,32054520	2,26001566	-0,95091457	0,4780	0,5998	25,5	
-0,22613689	2,26001566	-1,02679318	0,5941	0,5972	0,5	
-0,19872105	2,26001566	-1,12535137	0,6328	0,5938	6,2	
-0,50376629	2,26001566	-1,23995575	0,3135	0,5899	88,2	
-0,16696924	2,26001566	-1,37798978	0,6808	0,5852	14,1	
-1,06480736	2,69576746	-0,90086853	0,0861	0,3939	357,3	
-0,67041215	2,69576746	-0,96896577	0,2136	0,3924	83,7	
-0,43594419	2,69576746	-1,04151643	0,3665	0,3907	6,6	
-0,28045790	2,69576746	-1,10439803	0,5243	0,3893	25,7	
-0,13697160	2,69576746	-1,21692751	0,7295	0,3868	47,0	
-0,26872663	2,69576746	-1,33848124	0,5386	0,3841	28,7	
0,04859294	1,91753035	-0,91284982	1,1184	0,8385	25,0	
0,12210462	1,91753035	-0,96324375	1,3247	0,8360	36,9	
0,06179488	1,91753035	-1,03342376	1,1529	0,8326	27,8	
0,05893858	1,91753035	-1,11717232	1,1454	0,8286	27,7	
0,13478889	1,91753035	-1,20884738	1,3639	0,8242	39,6	
0,01964258	1,91753035	-1,30475787	1,0463	0,8196	21,7	
-0,66639741	2,26361133	-0,96210834	0,2156	0,5973	177,1	
-0,46182838	2,26361133	-1,05115252	0,3453	0,5943	72,1	
-0,25952714	2,26361133	-1,15437201	0,5501	0,5907	7,4	
-0,26023967	2,26361133	-1,28285603	0,5492	0,5863	6,8	
-0,24782564	2,26361133	-1,44493657	0,5652	0,5809	2,8	
-0,71616905	2,26361133	-1,61588819	0,1922	0,5751	199,2	
0,13454424	1,92121017	-0,92517106	1,3632	0,8349	38,8	
0,04104881	1,92121017	-0,97828075	1,0991	0,8323	24,3	
0,11910320	1,92121017	-1,04015714	1,3155	0,8293	37,0	
0,02937141	1,92121017	-1,12042548	1,0700	0,8255	22,8	
0,08384532	1,92121017	-1,21692751	1,2130	0,8209	32,3	
-0,04266126	1,92121017	-1,30226907	0,9064	0,8168	9,9	
-0,68187229	2,26001566	-0,92621379	0,2080	0,6007	188,7	
-0,40351984	2,26001566	-0,98540049	0,3949	0,5986	51,6	
-0,16072506	2,26001566	-1,05534864	0,6907	0,5962	13,7	
-0,06987201	2,26001566	-1,15970084	0,8514	0,5926	30,4	
-0,19902781	2,26001566	-1,31231101	0,6324	0,5874	7,1	
-0,43739214	2,26001566	-1,47342511	0,3653	0,5819	59,3	
-0,66959512	2,26001551	-0,93146529	0,2140	0,6005	180,6	
-0,80484490	2,26001551	-1,00123907	0,1567	0,5981	281,6	
-0,51679846	2,26001551	-1,09970291	0,3042	0,5947	95,5	
-0,59660597	2,26001551	-1,21897126	0,2532	0,5906	133,3	

<b>Complemento Cuadro D. 10.</b>						
-0,55805094	2,26001551	-1,38095426	0,2767	0,5851	111,5	
-0,42368700	2,26001551	-1,62622902	0,3770	0,5768	53,0	
-0,16378294	2,68916004	-0,88539092	0,6858	0,3968	42,1	
-0,27901131	2,68916004	-0,93358381	0,5260	0,3957	24,8	
-0,07303662	2,68916004	-0,98301425	0,8452	0,3946	53,3	
-0,15101602	2,68916004	-1,03610459	0,7063	0,3934	44,3	
0,12231161	2,68916004	-1,08742522	1,3253	0,3922	70,4	
0,00697704	2,68916004	-1,17609126	1,0162	0,3902	61,6	
-0,55794702	2,25347818	-0,91794126	0,2767	0,6048	118,6	
-0,38308875	2,25347818	-1,00000000	0,4139	0,6019	45,4	
-0,27892467	2,25347818	-1,12206124	0,5261	0,5977	13,6	
0,13604557	2,25347818	-1,22102466	1,3679	0,5943	56,6	
0,14492821	2,25347818	-1,37798978	1,3961	0,5889	57,8	
-0,26136091	2,25347818	-1,65881639	0,5478	0,5794	5,8	
-1,19233550	2,68923063	-0,91589752	0,0642	0,3961	516,8	
-0,48099797	2,68923063	-0,97476418	0,3304	0,3947	19,5	
-0,48358857	2,68923063	-1,07109085	0,3284	0,3925	19,5	
-0,22528797	2,68923063	-1,17055877	0,5953	0,3903	34,4	
-0,49940545	2,68923063	-1,31999783	0,3167	0,3869	22,2	
-1,02373890	2,68923063	-1,52411782	0,0947	0,3824	303,9	
0,04061444	1,91100334	-0,90086853	1,0980	0,8444	23,1	
0,18380471	1,91100334	-0,95313036	1,5269	0,8419	44,9	
0,17471482	1,91100334	-1,01510742	1,4953	0,8388	43,9	
0,18911717	1,91100334	-1,07548510	1,5457	0,8359	45,9	
0,13215733	1,91100334	-1,15614103	1,3557	0,8320	38,6	
0,11755560	1,91100334	-1,22933677	1,3109	0,8285	36,8	
Error promedio:					<b>67,8</b>	

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^*$  y  $S$  en canal rectangular con arena, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variables independientes:	$d^*$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	65%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	13%
$R^2$ ajustado:	11%
Error estándar de estimación:	30%
Observaciones:	96

**Cuadro D. 11.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con plomo para  $f_s/f_w$ .

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>f_s/f_w</math> vs. <math>d^{*'} y S</math></b>					
$f_s/f_w$	$d^{*'}$	$S$	$f_s/f_w$		
			Calculado	Experimental	Error
0,85408574	2,25201431	-0,98420573	7,1464	9,4008	31,5
0,82872372	2,25201431	-1,06530017	6,7410	8,0014	18,7
0,76336591	2,25201431	-1,16509587	5,7992	6,5618	13,2
0,70745248	2,25201431	-1,27114927	5,0986	5,3147	4,2
0,52908765	2,25201431	-1,48084913	3,3813	3,5033	3,6
0,24589435	2,25201431	-1,75291543	1,7615	2,0400	15,8
0,99588775	1,90961409	-1,00000000	9,9058	7,3882	25,4
0,95936811	1,90961409	-1,08290912	9,1068	6,2658	31,2
0,90603063	1,90961409	-1,21489334	8,0544	4,8200	40,2
0,79762045	1,90961409	-1,38694462	6,2751	3,4240	45,4
0,50147440	1,90961409	-1,66449352	3,1730	1,9723	37,8
-0,65446512	1,90961409	-2,24427712	0,2216	0,6230	181,2
0,65201208	2,25128066	-0,99630385	4,4876	9,1733	104,4
0,54542782	2,25128066	-1,08141413	3,5110	7,7457	120,6
0,52439477	2,25128066	-1,17423925	3,3450	6,4408	92,5
0,48735475	2,25128066	-1,27346551	3,0715	5,2879	72,2
0,38886517	2,25128066	-1,41176821	2,4483	4,0171	64,1
0,24074066	2,25128066	-1,63149326	1,7408	2,5957	49,1
0,63630507	2,25128081	-0,98301425	4,3282	9,4188	117,6
0,61704875	2,25128081	-1,07695979	4,1405	7,8146	88,7
0,68288784	2,25128081	-1,16329007	4,8182	6,5825	36,6
0,53377139	2,25128081	-1,28285603	3,4180	5,1902	51,8
0,40578979	2,25128081	-1,44150340	2,5456	3,7865	48,7
0,08194004	2,25128081	-1,70645803	1,2076	2,2363	85,2
1,29782688	2,69061553	-1,01128101	19,8530	11,6506	41,3
1,23594497	2,69061553	-1,11073821	17,2165	9,5609	44,5
1,16027729	2,69061553	-1,22102466	14,4636	7,6790	46,9
1,12212291	2,69061553	-1,33046327	13,2472	6,1779	53,4
1,02629411	2,69061553	-1,52000125	10,6241	4,2387	60,1
0,88442534	2,69061553	-1,73912714	7,6635	2,7421	64,2
0,81264891	2,25347756	-1,00123907	6,4960	9,0960	40,0
0,79401573	2,25347756	-1,08440927	6,2232	7,7101	23,9
0,74915723	2,25347756	-1,18547163	5,6125	6,3070	12,4
0,65211624	2,25347756	-1,32519903	4,4887	4,7777	6,4
0,45197217	2,25347756	-1,53670694	2,8312	3,1380	10,8
0,12273800	2,25347756	-1,85511104	1,3266	1,6665	25,6
0,85362964	2,68923101	-0,97710539	7,1389	12,4589	74,5
0,84863781	2,68923101	-1,03476211	7,0573	11,1100	57,4
0,88818103	2,68923101	-1,09814909	7,7300	9,7949	26,7
0,88246449	2,68923101	-1,17055877	7,6289	8,4820	11,2
0,86366013	2,68923101	-1,23355326	7,3057	7,4838	2,4
0,83456913	2,68923101	-1,31485820	6,8323	6,3671	6,8

Complemento Cuadro D. 11.						
0,95405237	1,91099642	-0,97828075	8,9961	7,7207	14,2	
0,89232385	1,91099642	-1,03342376	7,8041	6,9192	11,3	
0,85442835	1,91099642	-1,09046226	7,1520	6,1776	13,6	
0,87533653	1,91099642	-1,16149175	7,5048	5,3643	28,5	
0,89192666	1,91099642	-1,24864193	7,7970	4,5111	42,1	
0,90097841	1,91099642	-1,33311951	7,9612	3,8139	52,1	
0,86774021	2,25201369	-1,00000000	7,3746	9,1103	23,5	
0,84443124	2,25201369	-1,08440927	6,9893	7,7032	10,2	
0,83442522	2,25201369	-1,18169514	6,8301	6,3489	7,0	
0,66623037	2,25201369	-1,35218252	4,6369	4,5241	2,4	
0,60016644	2,25201369	-1,45894729	3,9826	3,6591	8,1	
0,53297235	2,25201369	-1,58626572	3,4117	2,8411	16,7	
0,99139911	1,90961433	-1,01767722	9,8039	7,1332	27,2	
0,97225895	1,90961433	-1,12206124	9,3812	5,7967	38,2	
0,86594892	1,90961433	-1,25750539	7,3443	4,4286	39,7	
0,68415818	1,90961433	-1,45188543	4,8323	3,0094	37,7	
0,44457113	1,90961433	-1,71279820	2,7834	1,7917	35,6	
-0,80531087	1,90961433	-2,26655352	0,1566	0,5960	280,7	
0,72685070	2,25201400	-0,98301425	5,3315	9,4231	76,7	
0,73276285	2,25201400	-1,05115252	5,4046	8,2296	52,3	
0,72737978	2,25201400	-1,12370319	5,3380	7,1245	33,5	
0,71575460	2,25201400	-1,19700225	5,1970	6,1586	18,5	
0,61222794	2,25201400	-1,31231101	4,0948	4,8972	19,6	
0,51045212	2,25201400	-1,42145548	3,2393	3,9422	21,7	
0,63606254	2,25201415	-0,98540049	4,3258	9,3785	116,8	
0,57719410	2,25201415	-1,07255067	3,7774	7,8869	108,8	
0,47553370	2,25201415	-1,18928126	2,9891	6,2539	109,2	
0,42072267	2,25201415	-1,30226907	2,6346	4,9960	89,6	
0,35312054	2,25201415	-1,48084913	2,2549	3,5033	55,4	
0,20538916	2,25201415	-1,63682210	1,6047	2,5695	60,1	
1,39030054	2,68768958	-0,99385712	24,5641	12,0396	51,0	
1,35873489	2,68768958	-1,09970291	22,8420	9,7555	57,3	
1,24200329	2,68768958	-1,21085337	17,4584	7,8218	55,2	
1,22078216	2,68768958	-1,36633017	16,6258	5,7425	65,5	
0,95150066	2,68768958	-1,67607540	8,9434	3,1027	65,3	
0,61342414	2,68768958	-1,96552352	4,1060	1,7454	57,5	
0,84782367	2,25128004	-1,01255274	7,0441	8,8818	26,1	
0,82141651	2,25128004	-1,11233783	6,6285	7,2840	9,9	
0,76917045	2,25128004	-1,21692751	5,8772	5,9168	0,7	
0,68472137	2,25128004	-1,33311951	4,8386	4,6967	2,9	
0,56637786	2,25128004	-1,50788062	3,6845	3,3185	9,9	
0,34485401	2,25128004	-1,70645803	2,2124	2,2363	1,1	
0,81140133	2,68703383	-0,99263890	6,4774	12,0639	86,2	
0,77816302	2,68703383	-1,07548510	6,0002	10,2324	70,5	
0,76836997	2,68703383	-1,15970084	5,8664	8,6553	47,5	
0,70840985	2,68703383	-1,28048929	5,1099	6,8081	33,2	
0,65735186	2,68703383	-1,40858655	4,5431	5,2778	16,2	
0,46964483	2,68703383	-1,59591711	2,9488	3,6371	23,3	
1,04211463	1,90880153	-0,96210834	11,0183	7,9622	27,7	

Complemento Cuadro D. 11.					
1,09850962	1,90880153	-1,01510742	12,5461	7,1661	42,9
1,08267902	1,90880153	-1,07843950	12,0970	6,3186	47,8
1,06391992	1,90880153	-1,14218660	11,5856	5,5666	52,0
1,03085001	1,90880153	-1,21692751	10,7362	4,7982	55,3
0,95549820	1,90880153	-1,32782317	9,0261	3,8491	57,4
Error promedio:					<b>45,9</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $fs/fw$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal rectangular con plomo, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$fs/fw$
Variables independientes:	$d^{*'}$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	43%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	54%
$R^2$ ajustado:	53%
Error estándar de estimación:	23%
Observaciones:	96

**Cuadro D. 12.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con mezcla para  $fs/fw$ .

**DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA  $fs/fw$  vs.  $d^{*'}$  y  $S$**

$fs/fw$	$d^{*'}$	$S$	$fs/fw$		
			Calculado	Experimental	Error
1,02687740	2,84377844	-0,94000207	10,6384	7,6066	28,5
1,10425654	2,84377844	-0,96666791	12,7132	6,9570	45,3
1,12146238	2,84377844	-0,99630385	13,2270	6,2999	52,4
1,11564434	2,84377844	-1,02811122	13,0510	5,6635	56,6
1,11852064	2,84377844	-1,05958569	13,1377	5,0971	61,2
1,09488514	2,84377844	-1,09814909	12,4419	4,4798	64,0
0,69754059	2,84854519	-0,99021267	4,9836	6,4359	29,1
0,67971509	2,84854519	-1,07548510	4,7832	4,8376	1,1
0,60101283	2,84854519	-1,15970084	3,9904	3,6491	8,6
0,47286007	2,84854519	-1,28523573	2,9707	2,3970	19,3
0,34099261	2,84854519	-1,39917908	2,1928	1,6368	25,4
0,14330153	2,84854519	-1,58626572	1,3909	0,8750	37,1
0,53331797	2,89024661	-0,93678108	3,4144	7,7620	127,3
0,51488265	2,89024661	-1,02156065	3,2725	5,8440	78,6
0,45557865	2,89024661	-1,09970291	2,8548	4,4988	57,6
0,34539450	2,89024661	-1,21085337	2,2151	3,1010	40,0
0,23735768	2,89024661	-1,34390999	1,7273	1,9863	15,0
-0,00050492	2,89024661	-1,53670694	0,9988	1,0417	4,3
0,72844680	2,84724788	-0,97476418	5,3511	6,7757	26,6
0,70445810	2,84724788	-1,03075936	5,0636	5,6175	10,9
0,63964089	2,84724788	-1,11879586	4,3616	4,1836	4,1

**Complemento Cuadro D. 12.**

0,53637683	2,84724788	-1,22102466	3,4386	2,9711	13,6
0,47292530	2,84724788	-1,31485820	2,9712	2,1701	27,0
0,25216351	2,84724788	-1,52411782	1,7872	1,0771	39,7
0,50943097	2,84845373	-0,98420573	3,2317	6,5665	103,2
0,65394740	2,84845373	-0,95202105	4,5076	7,3135	62,2
0,40616842	2,84845373	-1,21897126	2,5478	2,9923	17,4
0,29088825	2,84845373	-1,43471741	1,9538	1,4532	25,6
0,19964081	2,84845373	-1,52411782	1,5836	1,0773	32,0
-0,07231079	2,84845373	-1,70020908	0,8466	0,5975	29,4
0,47580907	2,82202330	-0,96781532	2,9909	6,8997	130,7
0,44149530	2,82202330	-1,06386449	2,7637	5,0025	81,0
0,36359530	2,82202330	-1,18547163	2,3099	3,3295	44,1
0,18525013	2,82202330	-1,33311951	1,5320	2,0310	32,6
-0,24744260	2,82202330	-1,57217926	0,5657	0,9123	61,3
-0,42894213	2,82202330	-1,67024585	0,3724	0,6570	76,4
0,99505147	2,76111704	-0,94542404	9,8867	7,3454	25,7
0,96969116	2,76111704	-0,99876445	9,3259	6,1441	34,1
0,95499077	2,76111704	-1,05115252	9,0155	5,1558	42,8
0,93253204	2,76111704	-1,09970291	8,5611	4,3823	48,8
0,92239173	2,76111704	-1,15437201	8,3636	3,6494	56,4
0,90795731	2,76111704	-1,21085337	8,0902	3,0207	62,7
0,63999820	2,66461161	-0,93464695	4,3651	7,4674	71,1
0,77342928	2,66461161	-0,95984639	5,9351	6,8632	15,6
1,00629126	2,66461161	-0,98301425	10,1459	6,3510	37,4
1,08495279	2,66461161	-1,00874867	12,1605	5,8268	52,1
1,10611180	2,66461161	-1,03476211	12,7677	5,3408	58,2
1,13088958	2,66461161	-1,05534864	13,5173	4,9851	63,1
0,45380815	2,66253278	-0,95091457	2,8432	7,0686	148,6
0,50613074	2,66253278	-1,00123907	3,2072	5,9726	86,2
0,53355882	2,66253278	-1,06243353	3,4163	4,8662	42,4
0,56077715	2,66253278	-1,11717232	3,6373	4,0514	11,4
0,50391237	2,66253278	-1,19700225	3,1909	3,1013	2,8
0,48742935	2,66253278	-1,26427375	3,0721	2,4759	19,4
0,57334637	2,71707674	-0,97011927	3,7441	6,7023	79,0
0,53517854	2,71707674	-1,03342376	3,4291	5,4223	58,1
0,48668974	2,71707674	-1,10282735	3,0668	4,2981	40,1
0,41719008	2,71707674	-1,18547163	2,6133	3,2593	24,7
0,29986452	2,71707674	-1,29733385	1,9946	2,2412	12,4
0,26058275	2,71707674	-1,38095426	1,8221	1,6940	7,0
0,40715963	2,66413332	-0,96896577	2,5536	6,6562	160,7
0,47339212	2,66413332	-1,01001300	2,9744	5,8016	95,1
0,61673036	2,66413332	-1,05675640	4,1374	4,9612	19,9
0,60403794	2,66413332	-1,10282735	4,0183	4,2521	5,8
0,55991609	2,66413332	-1,17239511	3,6301	3,3687	7,2
0,49869776	2,66413332	-1,25305105	3,1528	2,5715	18,4
0,35766248	2,66394609	-1,00748802	2,2786	5,8506	156,8
0,43559535	2,66394609	-1,04151643	2,7264	5,2207	91,5
0,45762628	2,66394609	-1,10755655	2,8683	4,1852	45,9
0,47986495	2,66394609	-1,16690922	3,0190	3,4310	13,6

**Complemento Cuadro D. 12.**

0,45888746	2,66394609	-1,25305105	2,8767	2,5714	10,6
0,42016508	2,66394609	-1,31485820	2,6313	2,0908	20,5
0,51975311	2,63375335	-1,00123907	3,3094	5,9378	79,4
0,46782721	2,63375335	-1,07401541	2,9365	4,6539	58,5
0,39220066	2,63375335	-1,16149175	2,4672	3,4724	40,7
0,28455309	2,63375335	-1,26655352	1,9255	2,4428	26,9
0,16281085	2,63375335	-1,35497542	1,4548	1,8169	24,9
-0,05444751	2,63375335	-1,48840227	0,8822	1,1623	31,8
0,89874142	2,56988497	-0,93464695	7,9203	7,3250	7,5
0,99743491	2,56988497	-0,95424251	9,9411	6,8599	31,0
1,02990570	2,56988497	-0,97476418	10,7129	6,4045	40,2
1,06247892	2,56988497	-0,99263890	11,5473	6,0325	47,8
1,08474379	2,56988497	-1,00874867	12,1547	5,7157	53,0
1,09990398	2,56988497	-1,01255274	12,5865	5,6434	55,2
0,78103922	2,25626320	-0,93146529	6,0400	6,9464	15,0
0,89978109	2,25626320	-0,94871002	7,9393	6,5568	17,4
0,92632255	2,25626320	-0,98064105	8,4396	5,8920	30,2
0,98489836	2,25626320	-0,98064105	9,6582	5,8920	39,0
1,07881673	2,25626320	-0,99263890	11,9899	5,6601	52,8
1,15616920	2,25626320	-1,01001300	14,3275	5,3402	62,7
0,40103633	2,25146136	-1,15970084	2,5179	3,2323	28,4
0,69605499	2,25146136	-0,96896577	4,9666	6,1209	23,2
0,68995210	2,25146136	-1,01128101	4,8972	5,3124	8,5
0,66800892	2,25146136	-1,06530017	4,6560	4,4336	4,8
0,28932295	2,25146136	-1,13706715	1,9468	3,4867	79,1
0,54437686	2,25146136	-1,19895414	3,5025	2,8342	19,1
0,10045134	2,30456242	-1,29488711	1,2602	2,0780	64,9
0,60715266	2,30456242	-0,97945930	4,0472	5,9737	47,6
0,61253162	2,30456242	-1,00748802	4,0976	5,4387	32,7
0,60056272	2,30456242	-1,04837747	3,9862	4,7429	19,0
0,57767617	2,30456242	-1,10282735	3,7816	3,9526	4,5
0,55701937	2,30456242	-1,15970084	3,6059	3,2673	9,4
0,32719079	2,25283908	-1,19895414	2,1242	2,8350	33,5
0,70560889	2,25283908	-0,94871002	5,0770	6,5522	29,1
0,68122586	2,25283908	-1,00623102	4,7998	5,4045	12,6
0,64595717	2,25283908	-1,07109085	4,4254	4,3497	1,7
0,58574009	2,25283908	-1,14047340	3,8525	3,4481	10,5
0,50860190	2,25283908	-1,22102466	3,2255	2,6331	18,4
-0,15379111	2,25238009	-1,29979445	0,7018	2,0226	188,2
0,51573117	2,25238009	-0,98900462	3,2789	5,7248	74,6
0,58443791	2,25238009	-1,01767722	3,8409	5,2009	35,4
0,60718281	2,25238009	-1,07548510	4,0475	4,2858	5,9
0,58549510	2,25238009	-1,12866661	3,8503	3,5868	6,8
0,54255427	2,25238009	-1,19700225	3,4878	2,8533	18,2
0,02083777	2,22956760	-1,26200589	1,0492	2,2847	117,8
0,49354632	2,22956760	-0,99507876	3,1156	5,5837	79,2
0,45174396	2,22956760	-1,06100728	2,8297	4,4778	58,2
0,37602979	2,22956760	-1,14910777	2,3770	3,3341	40,3
0,28708191	2,22956760	-1,24211106	1,9368	2,4421	26,1

Complemento Cuadro D. 12.						
0,17513297	2,22956760	-1,34390999	1,4967	1,7368	16,0	
0,12146270	2,17398682	-1,47712125	1,3227	1,0994	16,9	
0,95727501	2,17398682	-0,94871002	9,0631	6,4481	28,9	
1,05511152	2,17398682	-0,95759615	11,3530	6,2591	44,9	
1,07704674	2,17398682	-0,98301425	11,9412	5,7485	51,9	
1,08313051	2,17398682	-0,99507876	12,1096	5,5210	54,4	
1,09367115	2,17398682	-1,01128101	12,4071	5,2295	57,9	
Error promedio:					<b>42,8</b>	

**Estadística de regresión múltiple para  $f_s/f_w$  vs.  $d^*$  y  $S$  en canal rectangular con mezcla, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$f_s/f_w$
Variabes independientes:	$d^*$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	54%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	57%
$R^2$ ajustado:	56%
Error estándar de estimación:	22%
Observaciones:	126

**Anexo E.** Correlación adimensional para el número de Froude Densimétrico.

El análisis de varianza proporciona los siguientes datos para cada tipo de mezcla y canal:

**Coefficiente de correlación (R):** mide el grado de covariación entre las distintas variables relacionadas.

**Índice de determinación múltiple  $R^2$ :** mide la tasa porcentual de los cambios de  $f_s/f_w$  que pueden ser explicados por  $d^*$  y  $S$  simultáneamente.

**$R^2$  ajustado:** tiene en cuenta el tamaño de la muestra a la hora de determinar la proporción anterior ( $R^2$ ).

**Error estándar de estimación:** permite deducir la confiabilidad de la ecuación de regresión que hemos desarrollado

**Observaciones:** es la cantidad de datos o muestra tomada para el proceso de correlación.

**Cuadro E. 1.** Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con arena para  $F_L$ .

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>F_L</math> vs. <math>d^*</math> y <math>S</math></b>					
$F_L$	$d^*$	$S$	$F_L$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,12344856	2,69879111	-1,30226907	0,7526	0,7168	4,8
-0,12729354	2,17812901	-1,23781108	0,7459	0,6904	7,4
-0,07443453	2,56824023	-0,99021267	0,8425	0,7242	14,0
-0,19869338	2,11614536	-0,98540049	0,6329	0,6986	10,4
-0,10317276	2,57424365	-1,13200735	0,7885	0,7177	9,0
-0,16095779	2,57475616	-1,13537399	0,6903	0,7176	4,0
-0,22083282	2,63448402	-1,03745124	0,6014	0,7258	20,7
-0,21102062	2,57458059	-1,15970084	0,6151	0,7164	16,5
-0,00970749	2,70758325	-1,15437201	0,9779	0,7244	25,9
-0,12296920	2,18665357	-1,33046327	0,7534	0,6867	8,9
-0,10954763	2,57849601	-1,15791729	0,7771	0,7168	7,8
-0,16326671	2,12545986	-1,27579417	0,6866	0,6858	0,1
-0,12601333	2,57838720	-1,12370319	0,7481	0,7184	4,0
-0,20834189	2,57849601	-1,32259065	0,6190	0,7090	14,5
-0,21663967	2,64163739	-1,14563339	0,6072	0,7210	18,7
-0,19419644	2,57687553	-1,34665003	0,6394	0,7077	10,7
Error promedio:					<b>11,1</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_L$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal circular con arena, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$F_L$
Variables independientes:	$d^{*'}, S$ .
Coefficiente de correlación (R):	17%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	1.9%
$R^2$ ajustado:	0%
Error estándar de estimación:	5%
Observaciones:	16

**Cuadro E. 2.** Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con plomo para  $F_L$ .

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>F_L</math> vs. <math>d^{*'} y S</math></b>					
$F_L$	$d^{*'}$	$S$	$F_L$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,46706049	2,25639194	-1,50788062	0,3411	0,3331	2,4
-0,40502768	1,91399307	-1,29979445	0,3935	0,3522	10,5
-0,45568119	2,25639413	-1,39608800	0,3502	0,3466	1,0
-0,41645060	2,26001492	-1,22308782	0,3833	0,3688	3,8
-0,49114914	2,69569855	-1,10282735	0,3227	0,3940	22,1
-0,44412815	2,26001566	-1,37798978	0,3596	0,3490	3,0
-0,39623360	2,69576746	-1,33848124	0,4016	0,3623	9,8
-0,48148956	1,91753035	-1,30475787	0,3300	0,3517	6,6
-0,49091698	2,26361133	-1,61588819	0,3229	0,3206	0,7
-0,42637211	1,92121017	-1,30226907	0,3747	0,3521	6,0
-0,44685059	2,26001566	-1,47342511	0,3574	0,3373	5,6
-0,53068233	2,26001551	-1,62622902	0,2947	0,3194	8,4
-0,40916802	2,68916004	-1,17609126	0,3898	0,3837	1,6
-0,57780790	2,25347818	-1,65881639	0,2644	0,3156	19,4
-0,41785756	2,68923063	-1,52411782	0,3821	0,3389	11,3
-0,46781638	1,91100334	-1,22933677	0,3406	0,3611	6,0
Error promedio:					<b>7,4</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_L$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal circular con plomo, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$F_L$
Variables independientes:	$d^{*'}, S$ .
Coefficiente de correlación (R):	76%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	31%
$R^2$ ajustado:	20%
Error estándar de estimación:	4%
Observaciones:	16

**Cuadro E. 3.** Datos experimentales de velocidad de depósito en canal circular con mezcla para  $F_L$ .

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>F_M</math> vs. <math>d^{*'} y S</math></b>					
$F_L$	$d^{*}'$	$S$	$F_L$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,45543409	2,84031161	-1,07992427	0,3504	0,5153	47,1
-0,07087006	2,84641287	-1,14910777	0,8494	0,5777	32,0
-0,20550677	2,88937303	-1,30475787	0,6230	0,7500	20,4
-0,07707826	2,84660439	-1,25305105	0,8374	0,6852	18,2
-0,07525546	2,84685737	-1,23355326	0,8409	0,6636	21,1
-0,12304678	2,81912291	-1,42145548	0,7533	0,9003	19,5
-0,34319919	2,75283753	-1,13368741	0,4537	0,5566	22,7
-0,42443968	2,66169069	-1,12042548	0,3763	0,5383	43,1
-0,08130160	2,66091397	-1,28762854	0,8293	0,7083	14,6
-0,20428664	2,71449694	-1,30726101	0,6248	0,7365	17,9
-0,06773226	2,66100875	-1,18737227	0,8556	0,6008	29,8
-0,06591971	2,66110275	-1,22724378	0,8592	0,6415	25,3
-0,11915294	2,63094113	-1,29979445	0,7601	0,7199	5,3
-0,32123289	2,56695123	-1,14736711	0,4773	0,5560	16,5
-0,38317121	2,25333716	-1,12700583	0,4138	0,5167	24,8
-0,07549500	2,24908991	-1,25750539	0,8404	0,6398	23,9
-0,27997716	2,30047187	-1,36633017	0,5248	0,7699	46,7
-0,08771342	2,24907369	-1,24211106	0,8171	0,6238	23,7
-0,08993777	2,24936091	-1,32259065	0,8129	0,7119	12,4
-0,12936910	2,22599433	-1,43809715	0,7424	0,8580	15,6
-0,31842691	2,16595473	-1,07548510	0,4804	0,4695	2,3
Error promedio:					<b>23,0</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_L$  vs.  $d^{*}' y S$  en canal circular con mezcla, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$F_L$
Variables independientes:	$d^{*}', S$ .
Coefficiente de correlación (R):	30%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	31%
$R^2$ ajustado:	24%
Error estándar de estimación:	12%
Observaciones:	21

**Cuadro E. 4.** Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con arena para  $F_L$ .

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>F_L</math> vs. <math>d^{*'} y S</math></b>					
$F_L$	$d^{*'}$	$S$	$F_L$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,38925310	2,69790101	-2,04015714	0,4081	0,4560	11,7
-0,35300585	2,17748075	-1,55853538	0,4436	0,3806	14,2
-0,30452068	2,56884239	-1,64768003	0,4960	0,4128	16,8
-0,45224867	2,11350338	-1,17423925	0,3530	0,3487	1,2
-0,32057002	2,56872605	-1,68797462	0,4780	0,4161	13,0
-0,40128583	2,56884239	-1,70645803	0,3969	0,4176	5,2
-0,48166268	2,63109378	-1,27346551	0,3299	0,3868	17,3
-0,38649229	2,56775388	-1,93252326	0,4107	0,4369	6,4
-0,31992637	2,69915316	-1,67607540	0,4787	0,4240	11,4
-0,42023012	2,17752409	-2,14736711	0,3800	0,4282	12,7
-0,32351978	2,56872605	-1,77445510	0,4748	0,4234	10,8
-0,47733825	2,11423850	-1,37212085	0,3332	0,3629	8,9
-0,32043098	2,56980754	-1,63682210	0,4782	0,4119	13,9
-0,40376851	2,56969317	-1,98900462	0,3947	0,4420	12,0
-0,49446172	2,63434280	-1,22308782	0,3203	0,3831	19,6
-0,37061669	2,56922578	-1,76715587	0,4260	0,4228	0,7
Error promedio:					<b>11,0</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_L$  vs.  $d^{*'}$  y  $S$  en canal rectangular con arena, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$F_L$
Variables independientes:	$d^{*'}$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	12%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	25%
$R^2$ ajustado:	14%
Error estándar de estimación:	5%
Observaciones:	16

**Cuadro E. 5.** Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con plomo para  $F_L$ .

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>F_L</math> vs. <math>d^{*'}</math> y <math>S</math></b>					
$F_L$	$d^{*'}$	$S$	$F_L$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,76361900	2,25201431	-1,75291543	0,1723	0,1559	9,5
-0,82657266	1,90961409	-2,24427712	0,1491	0,1499	0,6
-0,69863949	2,25128066	-1,63149326	0,2002	0,1612	19,5
-0,68864383	2,25128081	-1,70645803	0,2048	0,1579	22,9

Complemento Cuadro E. 5.					
-1,04934654	2,69061553	-1,73912714	0,0893	0,1386	55,3
-0,77826000	2,25347756	-1,85511104	0,1666	0,1516	9,0
-0,76166967	2,68923101	-1,31485820	0,1731	0,1557	10,1
-0,84667115	1,91099642	-1,33311951	0,1423	0,1921	35,0
-0,78328068	2,25201369	-1,58626572	0,1647	0,1632	0,9
-0,82559202	1,90961433	-2,26655352	0,1494	0,1490	0,3
-0,68784175	2,25201400	-1,42145548	0,2052	0,1707	16,8
-0,68974258	2,25201415	-1,63682210	0,2043	0,1609	21,2
-1,04917081	2,68768958	-1,96552352	0,0893	0,1304	46,1
-0,77428869	2,25128004	-1,70645803	0,1682	0,1579	6,1
-0,75329028	2,68703383	-1,59591711	0,1765	0,1443	18,3
-0,86870560	1,90880153	-1,32782317	0,1353	0,1925	42,3
Error promedio:					<b>19,6</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_L$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal rectangular con plomo, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$F_L$
Variables independientes:	$d^{*'}$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	34%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	16%
$R^2$ ajustado:	3%
Error estándar de estimación:	10%
Observaciones:	16

**Cuadro E. 6.** Datos experimentales de velocidad de depósito en canal rectangular con mezcla para  $F_L$ .

DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA $F_L$ vs. $d^{*'}$ y $S$					
$F_L$	$d^{*'}$	$S$	$F_L$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,63768479	2,84377844	-1,09814909	0,2303	0,2086	9,4
-0,39701638	2,84854519	-1,58626572	0,4009	0,2158	46,2
-0,39002320	2,89024661	-1,53670694	0,4074	0,2239	45,0
-0,40006165	2,84724788	-1,52411782	0,3981	0,2331	41,4
-0,39802831	2,84845373	-1,70020908	0,3999	0,2425	39,4
-0,24181663	2,82202330	-1,67024585	0,5730	0,2545	55,6
-0,47784704	2,76111704	-1,21085337	0,3328	0,2214	33,5
-0,63503599	2,66461161	-1,05534864	0,2317	0,2465	6,4
-0,35112888	2,66253278	-1,26427375	0,4455	0,2740	38,5
-0,38656367	2,71707674	-1,38095426	0,4106	0,3208	21,9
-0,34868396	2,66413332	-1,25305105	0,4480	0,3702	17,4
-0,35071217	2,66394609	-1,31485820	0,4460	0,4684	5,0
-0,21932553	2,63375335	-1,48840227	0,6035	0,2007	66,7
-0,46749483	2,56988497	-1,01255274	0,3408	0,2232	34,5
-0,62136896	2,25626320	-1,01001300	0,2391	0,2463	3,0

Complemento Cuadro E. 6.					
-0,33944622	2,25146136	-1,19895414	0,4577	0,2832	38,1
-0,38176358	2,30456242	-1,15970084	0,4152	0,3347	19,4
-0,33575269	2,25283908	-1,22102466	0,4616	0,4265	7,6
-0,33735884	2,25238009	-1,19700225	0,4599	0,2174	52,7
-0,20826982	2,22956760	-1,34390999	0,6191	0,2332	62,3
-0,45995967	2,17398682	-1,01128101	0,3468	0,2605	24,9
Error promedio:					<b>31,8</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_L$  vs.  $d^*$  y  $S$  en canal rectangular con mezcla, en condiciones de velocidad de depósito.**

Variable dependiente:	$F_L$
Variables independientes:	$d^*$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	30%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	63%
$R^2$ ajustado:	59%
Error estándar de estimación:	7%
Observaciones:	21

**Cuadro E. 7.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con arena para  $F_M$ .

DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA $F_M$ vs. $d^*$ y $S$					
$F_M$	$d^*$	$S$	$F_M$		
			Calculado	Experimental	Error
0,05156967	2,69879111	-0,98301425	1,1261	0,8823	21,6
0,01551435	2,69879111	-1,07109085	1,0364	0,8290	20,0
-0,01174136	2,69879111	-1,08290912	0,9733	0,8221	15,5
-0,05693923	2,69879111	-1,14390658	0,8771	0,7874	10,2
-0,06538805	2,69879111	-1,21897126	0,8602	0,7467	13,2
-0,12344856	2,69879111	-1,30226907	0,7526	0,7040	6,5
0,04728788	2,17812901	-0,98900462	1,1150	0,8564	23,2
0,00356903	2,17812901	-1,02547912	1,0083	0,8346	17,2
-0,00975079	2,17812901	-1,04976278	0,9778	0,8204	16,1
-0,06545243	2,17812901	-1,11073821	0,8601	0,7858	8,6
-0,11359472	2,17812901	-1,07992427	0,7698	0,8031	4,3
-0,12729354	2,17812901	-1,23781108	0,7459	0,7182	3,7
0,03268688	2,56824023	-0,88066514	1,0782	0,9425	12,6
0,00904123	2,56824023	-0,90284260	1,0210	0,9279	9,1
-0,01343800	2,56824023	-0,92102502	0,9695	0,9160	5,5
-0,03480997	2,56824023	-0,94108106	0,9230	0,9031	2,2
-0,04846884	2,56824023	-0,96666791	0,8944	0,8869	0,8
-0,07443453	2,56824023	-0,99021267	0,8425	0,8722	3,5
-0,04543649	2,11614536	-0,89597226	0,9007	0,9119	1,2
-0,06989082	2,11614536	-0,91386335	0,8514	0,9004	5,8

Complemento Cuadro E. 7.						
-0,11604918	2,11614536	-0,92621379	0,7655	0,8926	16,6	
-0,16909596	2,11614536	-0,94324713	0,6775	0,8819	30,2	
-0,18900276	2,11614536	-0,96210834	0,6471	0,8702	34,5	
-0,19869338	2,11614536	-0,98540049	0,6329	0,8560	35,3	
0,03760651	2,57424365	-0,92102502	1,0905	0,9163	16,0	
-0,01399383	2,57424365	-0,95313036	0,9683	0,8957	7,5	
-0,03431072	2,57424365	-0,99021267	0,9240	0,8725	5,6	
-0,07195696	2,57424365	-1,03342376	0,8473	0,8462	0,1	
-0,08652408	2,57424365	-1,05675640	0,8194	0,8324	1,6	
-0,10317276	2,57424365	-1,13200735	0,7885	0,7892	0,1	
0,01276528	2,57475616	-0,86497160	1,0298	0,9533	7,4	
-0,01597397	2,57475616	-0,90284260	0,9639	0,9281	3,7	
-0,09415342	2,57475616	-0,94433422	0,8051	0,9013	11,9	
-0,12091833	2,57475616	-0,99021267	0,7570	0,8725	15,3	
-0,14987976	2,57475616	-1,05394542	0,7081	0,8341	17,8	
-0,16095779	2,57475616	-1,13537399	0,6903	0,7874	14,1	
-0,07648552	2,63448402	-0,85511104	0,8385	0,9628	14,8	
-0,10602914	2,63448402	-0,88160619	0,7834	0,9450	20,6	
-0,13967168	2,63448402	-0,91082985	0,7250	0,9256	27,7	
-0,17662507	2,63448402	-0,94761193	0,6658	0,9019	35,4	
-0,20162124	2,63448402	-0,98659855	0,6286	0,8773	39,6	
-0,22083282	2,63448402	-1,03745124	0,6014	0,8463	40,7	
0,00092812	2,57458059	-0,89694711	1,0021	0,9320	7,0	
-0,08503985	2,57458059	-0,93678108	0,8222	0,9061	10,2	
-0,11057812	2,57458059	-0,98064105	0,7752	0,8784	13,3	
-0,12905635	2,57458059	-1,03610459	0,7429	0,8446	13,7	
-0,19144860	2,57458059	-1,10282735	0,6435	0,8057	25,2	
-0,21102062	2,57458059	-1,15970084	0,6151	0,7739	25,8	
0,04669888	2,70758325	-0,94108106	1,1135	0,9093	18,3	
0,04421355	2,70758325	-0,97127585	1,1072	0,8901	19,6	
0,02699446	2,70758325	-1,01639042	1,0641	0,8621	19,0	
0,01173560	2,70758325	-1,05254673	1,0274	0,8404	18,2	
-0,00495629	2,70758325	-1,09046226	0,9887	0,8181	17,2	
-0,00970749	2,70758325	-1,15437201	0,9779	0,7820	20,0	
0,04453013	2,18665357	-0,95202105	1,1080	0,8795	20,6	
-0,00989321	2,18665357	-1,00497764	0,9775	0,8471	13,3	
-0,03014556	2,18665357	-1,06963593	0,9329	0,8093	13,3	
-0,06821018	2,18665357	-1,14390658	0,8547	0,7679	10,2	
-0,10604793	2,18665357	-1,23781108	0,7833	0,7185	8,3	
-0,12296920	2,18665357	-1,33046327	0,7534	0,6729	10,7	
0,02500880	2,57849601	-0,94542404	1,0593	0,9008	15,0	
-0,05149148	2,57849601	-0,97359828	0,8882	0,8830	0,6	
-0,07888335	2,57849601	-1,01382820	0,8339	0,8582	2,9	
-0,09038396	2,57849601	-1,05816874	0,8121	0,8317	2,4	
-0,09874524	2,57849601	-1,10282735	0,7966	0,8059	1,2	
-0,10954763	2,57849601	-1,15791729	0,7771	0,7751	0,3	
-0,04304120	2,12545986	-0,93252326	0,9056	0,8890	1,8	
-0,06678947	2,12545986	-0,99021267	0,8575	0,8535	0,5	
-0,08964361	2,12545986	-1,04424785	0,8135	0,8215	1,0	

Complemento Cuadro E. 7.					
-0,10075101	2,12545986	-1,11555484	0,7930	0,7811	1,5
-0,12763303	2,12545986	-1,19505910	0,7454	0,7383	0,9
-0,16326671	2,12545986	-1,27579417	0,6866	0,6974	1,6
0,02401906	2,57838720	-0,88066514	1,0569	0,9430	10,8
0,00536568	2,57838720	-0,91386335	1,0124	0,9211	9,0
-0,04610054	2,57838720	-0,95647539	0,8993	0,8938	0,6
-0,05875358	2,57838720	-1,00372787	0,8735	0,8644	1,0
-0,09418574	2,57838720	-1,05675640	0,8050	0,8326	3,4
-0,12601333	2,57838720	-1,12370319	0,7481	0,7940	6,1
0,03269288	2,57849601	-0,96097589	1,0782	0,8909	17,4
-0,01847466	2,57849601	-1,02156065	0,9584	0,8535	10,9
-0,04831477	2,57849601	-1,07255067	0,8947	0,8233	8,0
-0,11996092	2,57849601	-1,13537399	0,7586	0,7875	3,8
-0,16427063	2,57849601	-1,21692751	0,6851	0,7434	8,5
-0,20834189	2,57849601	-1,32259065	0,6190	0,6898	11,5
-0,09471382	2,64163739	-0,95091457	0,8041	0,9001	11,9
-0,11693006	2,64163739	-0,98301425	0,7640	0,8799	15,2
-0,14874788	2,64163739	-1,01639042	0,7100	0,8593	21,0
-0,16901524	2,64163739	-1,06386449	0,6776	0,8310	22,6
-0,18857024	2,64163739	-1,10439803	0,6478	0,8075	24,7
-0,21663967	2,64163739	-1,14563339	0,6072	0,7843	29,2
0,01693187	2,57687553	-0,94000207	1,0398	0,9042	13,0
0,00564577	2,57687553	-0,99142409	1,0131	0,8719	13,9
-0,06584077	2,57687553	-1,06243353	0,8593	0,8292	3,5
-0,12547066	2,57687553	-1,14736711	0,7491	0,7808	4,2
-0,14772050	2,57687553	-1,22933677	0,7117	0,7368	3,5
-0,19419644	2,57687553	-1,34665003	0,6394	0,6781	6,1
Error promedio:					<b>12,2</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_M$  vs.  $d^*$  y  $S$  en canal circular con arena, en condiciones de no depósito**

Variable dependiente:	$F_M$
Variables independientes:	$d^*$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	71%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	23%
$R^2$ ajustado:	51%
Error estándar de estimación:	6%
Observaciones:	96

**Cuadro E. 8.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con plomo para  $F_M$ .

<b>DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA <math>F_M</math> vs. <math>d^{*'} y S</math></b>					
$F_M$	$d^{*'}$	$S$	$F_M$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,13452901	2,25639194	-0,92517106	0,7336	0,6015	18,0
-0,18058236	2,25639194	-0,99507876	0,6598	0,5559	15,7
-0,26213273	2,25639194	-1,08591463	0,5468	0,5019	8,2
-0,35104142	2,25639194	-1,19312460	0,4456	0,4448	0,2
-0,43453171	2,25639194	-1,33311951	0,3677	0,3799	3,3
-0,46706049	2,25639194	-1,50788062	0,3411	0,3120	8,5
-0,30745800	1,91399307	-0,91794126	0,4927	0,5718	16,1
-0,27163754	1,91399307	-0,97243551	0,5350	0,5378	0,5
-0,27295628	1,91399307	-1,03610459	0,5334	0,5006	6,2
-0,32497094	1,91399307	-1,09814909	0,4732	0,4668	1,4
-0,37526400	1,91399307	-1,20685062	0,4214	0,4130	2,0
-0,40502768	1,91399307	-1,29979445	0,3935	0,3720	5,5
-0,13220984	2,25639413	-0,91183866	0,7375	0,6106	17,2
-0,13589104	2,25639413	-0,97828075	0,7313	0,5666	22,5
-0,24296969	2,25639413	-1,07695979	0,5715	0,5070	11,3
-0,32908140	2,25639413	-1,13200735	0,4687	0,4765	1,7
-0,33532325	2,25639413	-1,24645404	0,4620	0,4189	9,3
-0,45568119	2,25639413	-1,39608800	0,3502	0,3539	1,1
-0,14746737	2,26001492	-0,89402910	0,7121	0,6233	12,5
-0,22422651	2,26001492	-0,95202105	0,5967	0,5839	2,1
-0,27597494	2,26001492	-0,99753241	0,5297	0,5548	4,7
-0,28025234	2,26001492	-1,06100728	0,5245	0,5165	1,5
-0,29906963	2,26001492	-1,14047340	0,5023	0,4723	6,0
-0,41645060	2,26001492	-1,22308782	0,3833	0,4303	12,3
-0,21317353	2,69569855	-0,91487924	0,6121	0,6561	7,2
-0,24370669	2,69569855	-0,94108106	0,5705	0,6370	11,7
-0,25951273	2,69569855	-0,97945930	0,5502	0,6101	10,9
-0,40350671	2,69569855	-1,01896784	0,3949	0,5835	47,8
-0,43510560	2,69569855	-1,06674062	0,3672	0,5530	50,6
-0,49114914	2,69569855	-1,10282735	0,3227	0,5310	64,5
-0,13606677	2,26001566	-0,89016868	0,7310	0,6261	14,4
-0,19097086	2,26001566	-0,95091457	0,6442	0,5847	9,2
-0,24760270	2,26001566	-1,02679318	0,5655	0,5368	5,1
-0,30453606	2,26001566	-1,12535137	0,4960	0,4804	3,1
-0,31505560	2,26001566	-1,23995575	0,4841	0,4222	12,8
-0,44412815	2,26001566	-1,37798978	0,3596	0,3614	0,5
-0,08704829	2,69576746	-0,90086853	0,8184	0,6666	18,6
-0,14753414	2,69576746	-0,96896577	0,7120	0,6174	13,3
-0,21228605	2,69576746	-1,04151643	0,6134	0,5689	7,2
-0,27010385	2,69576746	-1,10439803	0,5369	0,5300	1,3
-0,35848301	2,69576746	-1,21692751	0,4380	0,4669	6,6
-0,39623360	2,69576746	-1,33848124	0,4016	0,4072	1,4
-0,28540488	1,91753035	-0,91284982	0,5183	0,5754	11,0

<b>Complemento Cuadro E. 8.</b>						
-0,33253416	1,91753035	-0,96324375	0,4650	0,5437	16,9	
-0,35168436	1,91753035	-1,03342376	0,4450	0,5024	12,9	
-0,39444991	1,91753035	-1,11717232	0,4032	0,4572	13,4	
-0,46415235	1,91753035	-1,20884738	0,3434	0,4123	20,1	
-0,48148956	1,91753035	-1,30475787	0,3300	0,3701	12,2	
-0,15229571	2,26361133	-0,96210834	0,7042	0,5777	18,0	
-0,22151140	2,26361133	-1,05115252	0,6005	0,5226	13,0	
-0,30752582	2,26361133	-1,15437201	0,4926	0,4652	5,6	
-0,37478521	2,26361133	-1,28285603	0,4219	0,4026	4,6	
-0,46279160	2,26361133	-1,44493657	0,3445	0,3354	2,6	
-0,49091698	2,26361133	-1,61588819	0,3229	0,2767	14,3	
-0,27561113	1,92121017	-0,92517106	0,5301	0,5679	7,1	
-0,27648185	1,92121017	-0,97828075	0,5291	0,5349	1,1	
-0,33154460	1,92121017	-1,04015714	0,4661	0,4989	7,0	
-0,34826353	1,92121017	-1,12042548	0,4485	0,4558	1,6	
-0,41525830	1,92121017	-1,21692751	0,3844	0,4088	6,4	
-0,42637211	1,92121017	-1,30226907	0,3747	0,3714	0,9	
-0,13260554	2,26001566	-0,92621379	0,7369	0,6012	18,4	
-0,19583286	2,26001566	-0,98540049	0,6370	0,5624	11,7	
-0,27584273	2,26001566	-1,05534864	0,5299	0,5198	1,9	
-0,35113604	2,26001566	-1,15970084	0,4455	0,4622	3,7	
-0,40267133	2,26001566	-1,31231101	0,3957	0,3892	1,6	
-0,44685059	2,26001566	-1,47342511	0,3574	0,3246	9,2	
-0,13652470	2,26001551	-0,93146529	0,7303	0,5976	18,2	
-0,16186771	2,26001551	-1,00123907	0,6889	0,5524	19,8	
-0,24024915	2,26001551	-1,09970291	0,5751	0,4945	14,0	
-0,29346566	2,26001551	-1,21897126	0,5088	0,4323	15,0	
-0,38266491	2,26001551	-1,38095426	0,4143	0,3602	13,1	
-0,53068233	2,26001551	-1,62622902	0,2947	0,2733	7,3	
-0,21772233	2,68916004	-0,88539092	0,6057	0,6775	11,9	
-0,22028097	2,68916004	-0,93358381	0,6022	0,6417	6,6	
-0,28873674	2,68916004	-0,98301425	0,5144	0,6070	18,0	
-0,29865578	2,68916004	-1,03610459	0,5027	0,5717	13,7	
-0,39525144	2,68916004	-1,08742522	0,4025	0,5396	34,1	
-0,40916802	2,68916004	-1,17609126	0,3898	0,4884	25,3	
-0,14238119	2,25347818	-0,91794126	0,7205	0,6061	15,9	
-0,20809856	2,25347818	-1,00000000	0,6193	0,5526	10,8	
-0,28907138	2,25347818	-1,12206124	0,5140	0,4816	6,3	
-0,44140720	2,25347818	-1,22102466	0,3619	0,4308	19,0	
-0,52801506	2,25347818	-1,37798978	0,2965	0,3610	21,8	
-0,57780790	2,25347818	-1,65881639	0,2644	0,2631	0,5	
-0,09153438	2,68923063	-0,91589752	0,8100	0,6546	19,2	
-0,17264327	2,68923063	-0,97476418	0,6720	0,6126	8,8	
-0,22263168	2,68923063	-1,07109085	0,5989	0,5497	8,2	
-0,31665650	2,68923063	-1,17055877	0,4823	0,4914	1,9	
-0,35162511	2,68923063	-1,31999783	0,4450	0,4153	6,7	
-0,41785756	2,68923063	-1,52411782	0,3821	0,3300	13,6	
-0,27504010	1,91100334	-0,90086853	0,5308	0,5826	9,8	
-0,34415998	1,91100334	-0,95313036	0,4527	0,5493	21,3	

Complemento Cuadro E. 8.					
-0,37355473	1,91100334	-1,01510742	0,4231	0,5123	21,1
-0,40951387	1,91100334	-1,07548510	0,3895	0,4786	22,9
-0,43399034	1,91100334	-1,15614103	0,3681	0,4370	18,7
-0,46781638	1,91100334	-1,22933677	0,3406	0,4025	18,2
Error promedio:					<b>11,8</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_M$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal circular con plomo, en condiciones de no depósito**

Variable dependiente:	$F_M$
Variables independientes:	$d^{*'}, S$ .
Coefficiente de correlación (R):	77%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	68%
$R^2$ ajustado:	67%
Error estándar de estimación:	6%
Observaciones:	96

**Cuadro E. 9.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal circular con mezcla para  $F_M$ .

DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA $F_M$ vs. $d^{*'} y S$					
$F_M$	$d^{*'}$	$S$	$F_M$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,30700880	2,84031161	-0,95535752	0,4932	0,8056	63,3
-0,33859976	2,84031161	-0,97476418	0,4586	0,8029	75,1
-0,37247587	2,84031161	-0,98540049	0,4242	0,8015	89,0
-0,39881192	2,84031161	-1,01001300	0,3992	0,7982	99,9
-0,40761815	2,84031161	-1,02943327	0,3912	0,7956	103,4
-0,45543409	2,84031161	-1,07992427	0,3504	0,7888	125,1
-0,00114529	2,84641287	-0,91082985	0,9974	0,8122	18,6
-0,00707166	2,84641287	-0,94651661	0,9838	0,8073	17,9
-0,03185254	2,84641287	-0,99630385	0,9293	0,8006	13,8
-0,04674635	2,84641287	-1,04699656	0,8980	0,7938	11,6
-0,05957203	2,84641287	-1,09505801	0,8718	0,7874	9,7
-0,07087006	2,84641287	-1,14910777	0,8494	0,7802	8,1
0,05071951	2,88937303	-0,95313036	1,1239	0,8104	27,9
-0,00627180	2,88937303	-1,01896784	0,9857	0,8015	18,7
-0,07133556	2,88937303	-1,08141413	0,8485	0,7931	6,5
-0,11988941	2,88937303	-1,17239511	0,7588	0,7810	2,9
-0,16544490	2,88937303	-1,23995575	0,6832	0,7722	13,0
-0,20550677	2,88937303	-1,30475787	0,6230	0,7638	22,6
0,08292121	2,84660439	-0,94761193	1,2104	0,8072	33,3
0,04686603	2,84660439	-1,00123907	1,1140	0,7999	28,2
0,01629517	2,84660439	-1,06674062	1,0382	0,7912	23,8

<b>Complemento Cuadro E. 9.</b>						
-0,01972777	2,84660439	-1,13368741	0,9556	0,7823	18,1	
-0,04632892	2,84660439	-1,20091484	0,8988	0,7735	13,9	
-0,07707826	2,84660439	-1,25305105	0,8374	0,7667	8,4	
0,03760637	2,84685737	-0,94108106	1,0905	0,8081	25,9	
0,01243052	2,84685737	-0,98064105	1,0290	0,8027	22,0	
-0,01432625	2,84685737	-1,03476211	0,9676	0,7955	17,8	
-0,03719832	2,84685737	-1,09352068	0,9179	0,7876	14,2	
-0,05411137	2,84685737	-1,14736711	0,8829	0,7805	11,6	
-0,07525546	2,84685737	-1,23355326	0,8409	0,7692	8,5	
0,11815668	2,81912291	-0,96097589	1,3127	0,8029	38,8	
0,07401119	2,81912291	-1,02286288	1,1858	0,7945	33,0	
0,03228713	2,81912291	-1,09970291	1,0772	0,7843	27,2	
-0,03364682	2,81912291	-1,18169514	0,9255	0,7735	16,4	
-0,10765411	2,81912291	-1,30226907	0,7805	0,7580	2,9	
-0,12304678	2,81912291	-1,42145548	0,7533	0,7429	1,4	
-0,17536974	2,75283753	-0,95424251	0,6678	0,7977	19,5	
-0,21245411	2,75283753	-0,98540049	0,6131	0,7935	29,4	
-0,24923279	2,75283753	-1,01510742	0,5633	0,7896	40,2	
-0,28324495	2,75283753	-1,05115252	0,5209	0,7848	50,7	
-0,31690859	2,75283753	-1,08591463	0,4820	0,7802	61,8	
-0,34319919	2,75283753	-1,13368741	0,4537	0,7739	70,6	
-0,25128116	2,66169069	-0,94542404	0,5607	0,7906	41,0	
-0,28849163	2,66169069	-0,97359828	0,5146	0,7869	52,9	
-0,32792952	2,66169069	-1,00874867	0,4700	0,7822	66,4	
-0,36385951	2,66169069	-1,04976278	0,4327	0,7768	79,5	
-0,39085589	2,66169069	-1,07992427	0,4066	0,7729	90,1	
-0,42443968	2,66169069	-1,12042548	0,3763	0,7676	104,0	
0,02791210	2,66091397	-0,98540049	1,0664	0,7852	26,4	
-0,00517481	2,66091397	-1,04015714	0,9882	0,7780	21,3	
-0,02511294	2,66091397	-1,09970291	0,9438	0,7702	18,4	
-0,05258753	2,66091397	-1,15437201	0,8860	0,7632	13,9	
-0,07349998	2,66091397	-1,22308782	0,8443	0,7544	10,6	
-0,08130160	2,66091397	-1,28762854	0,8293	0,7462	10,0	
0,00960830	2,71449694	-0,97476418	1,0224	0,7915	22,6	
-0,02737981	2,71449694	-1,02811122	0,9389	0,7844	16,5	
-0,08198594	2,71449694	-1,08894108	0,8280	0,7764	6,2	
-0,12715814	2,71449694	-1,16149175	0,7462	0,7670	2,8	
-0,16878997	2,71449694	-1,23355326	0,6780	0,7577	11,8	
-0,20428664	2,71449694	-1,30726101	0,6248	0,7483	19,8	
0,03570660	2,66100875	-0,94542404	1,0857	0,7905	27,2	
0,01283429	2,66100875	-0,99142409	1,0300	0,7844	23,8	
-0,02408981	2,66100875	-1,03342376	0,9460	0,7789	17,7	
-0,03991576	2,66100875	-1,09046226	0,9122	0,7715	15,4	
-0,06133078	2,66100875	-1,14910777	0,8683	0,7639	12,0	
-0,06773226	2,66100875	-1,18737227	0,8556	0,7590	11,3	
0,08075804	2,66110275	-0,96666791	1,2044	0,7877	34,6	
0,04852943	2,66110275	-1,01001300	1,1182	0,7820	30,1	
0,01431811	2,66110275	-1,05534864	1,0335	0,7760	24,9	
-0,02524077	2,66110275	-1,11394335	0,9435	0,7684	18,6	

<b>Complemento Cuadro E. 9.</b>						
-0,04016007	2,66110275	-1,16149175	0,9117	0,7623	16,4	
-0,06591971	2,66110275	-1,22724378	0,8592	0,7539	12,3	
0,09992237	2,63094113	-0,95984639	1,2587	0,7859	37,6	
0,02443753	2,63094113	-1,01255274	1,0579	0,7790	26,4	
-0,00962750	2,63094113	-1,06674062	0,9781	0,7719	21,1	
-0,04132210	2,63094113	-1,14047340	0,9092	0,7624	16,2	
-0,04577435	2,63094113	-1,21692751	0,9000	0,7526	16,4	
-0,11915294	2,63094113	-1,29979445	0,7601	0,7422	2,4	
-0,14761401	2,56695123	-0,94000207	0,7118	0,7828	10,0	
-0,18705428	2,56695123	-0,98779991	0,6500	0,7765	19,5	
-0,27010604	2,56695123	-1,03476211	0,5369	0,7704	43,5	
-0,26137627	2,56695123	-1,07695979	0,5478	0,7649	39,6	
-0,29021705	2,56695123	-1,11879586	0,5126	0,7596	48,2	
-0,32123289	2,56695123	-1,14736711	0,4773	0,7559	58,4	
-0,27031974	2,25333716	-0,93892575	0,5366	0,7554	40,8	
-0,29471412	2,25333716	-0,97011927	0,5073	0,7514	48,1	
-0,31974455	2,25333716	-1,00748802	0,4789	0,7467	55,9	
-0,34322715	2,25333716	-1,04837747	0,4537	0,7416	63,4	
-0,36626448	2,25333716	-1,08894108	0,4303	0,7365	71,2	
-0,38317121	2,25333716	-1,12700583	0,4138	0,7318	76,8	
0,00232951	2,24908991	-0,96896577	1,0054	0,7512	25,3	
-0,01697083	2,24908991	-1,02286288	0,9617	0,7444	22,6	
-0,02958916	2,24908991	-1,09505801	0,9341	0,7354	21,3	
-0,04315401	2,24908991	-1,15437201	0,9054	0,7281	19,6	
-0,06121246	2,24908991	-1,23143990	0,8685	0,7187	17,3	
-0,07549500	2,24908991	-1,25750539	0,8404	0,7155	14,9	
-0,00029505	2,30047187	-0,96097589	0,9993	0,7566	24,3	
-0,08559448	2,30047187	-1,01767722	0,8211	0,7494	8,7	
-0,12777053	2,30047187	-1,09505801	0,7451	0,7397	0,7	
-0,23722959	2,30047187	-1,18547163	0,5791	0,7285	25,8	
-0,26185320	2,30047187	-1,25974981	0,5472	0,7195	31,5	
-0,27997716	2,30047187	-1,36633017	0,5248	0,7067	34,6	
0,03336873	2,24907369	-0,98182603	1,0799	0,7496	30,6	
-0,00324726	2,24907369	-1,02943327	0,9926	0,7436	25,1	
-0,04262146	2,24907369	-1,08440927	0,9065	0,7367	18,7	
-0,06953997	2,24907369	-1,14390658	0,8520	0,7294	14,4	
-0,08029250	2,24907369	-1,21085337	0,8312	0,7212	13,2	
-0,08771342	2,24907369	-1,24211106	0,8171	0,7174	12,2	
-0,00007917	2,24936091	-0,98301425	0,9998	0,7494	25,0	
-0,01903700	2,24936091	-1,05675640	0,9571	0,7402	22,7	
-0,04914900	2,24936091	-1,11879586	0,8930	0,7325	18,0	
-0,05988307	2,24936091	-1,19505910	0,8712	0,7231	17,0	
-0,07791118	2,24936091	-1,27579417	0,8358	0,7133	14,6	
-0,08993777	2,24936091	-1,32259065	0,8129	0,7077	12,9	
0,11081611	2,22599433	-0,96781532	1,2907	0,7493	41,9	
0,06455010	2,22599433	-1,04424785	1,1602	0,7398	36,2	
0,02215635	2,22599433	-1,11879586	1,0523	0,7305	30,6	
-0,03078945	2,22599433	-1,21286866	0,9316	0,7190	22,8	
-0,10837804	2,22599433	-1,32519903	0,7792	0,7055	9,4	

Complemento Cuadro E. 9.					
-0,12936910	2,22599433	-1,43809715	0,7424	0,6923	6,8
-0,24059470	2,16595473	-0,95091457	0,5747	0,7463	29,9
-0,22756419	2,16595473	-0,99263890	0,5922	0,7411	25,2
-0,25331889	2,16595473	-1,02156065	0,5581	0,7375	32,2
-0,27431814	2,16595473	-1,04424785	0,5317	0,7347	38,2
-0,29963321	2,16595473	-1,06386449	0,5016	0,7323	46,0
-0,31842691	2,16595473	-1,07548510	0,4804	0,7308	52,1
Error promedio:					<b>29,7</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_M$  vs.  $d^*$  y  $S$  en canal circular con mezcla, en condiciones de no depósito**

Variable dependiente:	$F_M$
Variables independientes:	$d^*$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	3%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	1%
$R^2$ ajustado:	0%
Error estándar de estimación:	14%
Observaciones:	126

**Cuadro E. 10.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con arena para  $F_M$ .

DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA $F_M$ vs. $d^*$ y $S$					
$F_M$	$d^*$	$S$	$F_M$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,13525577	2,69790101	-1,00123907	0,7324	0,5904	19,4
-0,17727063	2,69790101	-1,08440927	0,6649	0,5756	13,4
-0,22463686	2,69790101	-1,19700225	0,5962	0,5562	6,7
-0,24945181	2,69790101	-1,35497542	0,5631	0,5301	5,9
-0,30779235	2,69790101	-1,63149326	0,4923	0,4872	1,0
-0,38925310	2,69790101	-2,04015714	0,4081	0,4302	5,4
-0,09340219	2,17748075	-0,97011927	0,8065	0,5066	37,2
-0,14251251	2,17748075	-1,03745124	0,7203	0,4963	31,1
-0,20243897	2,17748075	-1,13200735	0,6274	0,4822	23,1
-0,27442537	2,17748075	-1,24427712	0,5316	0,4660	12,3
-0,31169209	2,17748075	-1,36921586	0,4879	0,4486	8,0
-0,35300585	2,17748075	-1,55853538	0,4436	0,4235	4,5
-0,12390292	2,56884239	-0,99753241	0,7518	0,5677	24,5
-0,16539213	2,56884239	-1,07992427	0,6833	0,5536	19,0
-0,20383553	2,56884239	-1,17055877	0,6254	0,5385	13,9
-0,23963039	2,56884239	-1,30226907	0,5759	0,5174	10,2
-0,27310215	2,56884239	-1,42803582	0,5332	0,4979	6,6
-0,30452068	2,56884239	-1,64768003	0,4960	0,4657	6,1
-0,35886654	2,11350338	-0,95535752	0,4377	0,4988	14,0

Complemento Cuadro E. 10.					
-0,40760115	2,11350338	-0,97945930	0,3912	0,4952	26,6
-0,43039473	2,11350338	-1,03745124	0,3712	0,4865	31,1
-0,43483831	2,11350338	-1,08440927	0,3674	0,4796	30,5
-0,45224867	2,11350338	-1,13368741	0,3530	0,4725	33,8
-0,45224867	2,11350338	-1,17423925	0,3530	0,4667	32,2
-0,22308013	2,56872605	-0,99876445	0,5983	0,5675	5,2
-0,24066830	2,56872605	-1,07548510	0,5746	0,5544	3,5
-0,25767655	2,56872605	-1,16873016	0,5525	0,5388	2,5
-0,28058022	2,56872605	-1,28285603	0,5241	0,5204	0,7
-0,29009093	2,56872605	-1,44493657	0,5128	0,4953	3,4
-0,32057002	2,56872605	-1,68797462	0,4780	0,4600	3,8
-0,18879643	2,56884239	-1,00497764	0,6474	0,5664	12,5
-0,22560805	2,56884239	-1,09505801	0,5948	0,5511	7,4
-0,25328166	2,56884239	-1,18737227	0,5581	0,5358	4,0
-0,31057857	2,56884239	-1,30726101	0,4891	0,5166	5,6
-0,35107093	2,56884239	-1,45894729	0,4456	0,4932	10,7
-0,40128583	2,56884239	-1,70645803	0,3969	0,4574	15,2
-0,34239297	2,63109378	-0,97710539	0,4546	0,5825	28,1
-0,34239297	2,63109378	-1,02679318	0,4546	0,5737	26,2
-0,39296719	2,63109378	-1,06674062	0,4046	0,5668	40,1
-0,43916887	2,63109378	-1,12700583	0,3638	0,5565	53,0
-0,43916887	2,63109378	-1,18737227	0,3638	0,5463	50,2
-0,48166268	2,63109378	-1,27346551	0,3299	0,5322	61,3
-0,18423764	2,56775388	-1,01639042	0,6543	0,5643	13,8
-0,22157840	2,56775388	-1,10755655	0,6004	0,5488	8,6
-0,27297818	2,56775388	-1,22724378	0,5334	0,5291	0,8
-0,31969184	2,56775388	-1,38694462	0,4790	0,5040	5,2
-0,35419766	2,56775388	-1,64768003	0,4424	0,4655	5,2
-0,38649229	2,56775388	-1,93252326	0,4107	0,4268	3,9
-0,09581960	2,69915316	-0,99507876	0,8020	0,5917	26,2
-0,12770181	2,69915316	-1,09198878	0,7452	0,5745	22,9
-0,15772670	2,69915316	-1,24427712	0,6955	0,5485	21,1
-0,21873671	2,69915316	-1,48084913	0,6043	0,5103	15,6
-0,24940467	2,69915316	-1,58626572	0,5631	0,4942	12,2
-0,31992637	2,69915316	-1,67607540	0,4787	0,4808	0,4
-0,07414226	2,17752409	-0,99876445	0,8431	0,5022	40,4
-0,13184708	2,17752409	-1,08591463	0,7382	0,4891	33,7
-0,17124825	2,17752409	-1,21085337	0,6741	0,4708	30,2
-0,26871140	2,17752409	-1,35497542	0,5386	0,4506	16,3
-0,35027110	2,17752409	-1,61080867	0,4464	0,4168	6,6
-0,42023012	2,17752409	-2,14736711	0,3800	0,3539	6,9
-0,10738600	2,56872605	-0,99876445	0,7809	0,5675	27,3
-0,15022497	2,56872605	-1,07255067	0,7076	0,5549	21,6
-0,18983433	2,56872605	-1,18737227	0,6459	0,5358	17,0
-0,22664595	2,56872605	-1,34118713	0,5934	0,5112	13,8
-0,27737026	2,56872605	-1,53246989	0,5280	0,4823	8,7
-0,32351978	2,56872605	-1,77445510	0,4748	0,4480	5,6
-0,33806855	2,11423850	-0,95759615	0,4591	0,4986	8,6
-0,38864276	2,11423850	-0,98659855	0,4087	0,4942	20,9

Complemento Cuadro E. 10.					
-0,38864276	2,11423850	-1,01255274	0,4087	0,4903	20,0
-0,43484445	2,11423850	-1,04976278	0,3674	0,4848	32,0
-0,43484445	2,11423850	-1,08440927	0,3674	0,4797	30,6
-0,47733825	2,11423850	-1,37212085	0,3332	0,4394	31,9
-0,20914416	2,56980754	-0,99021267	0,6178	0,5691	7,9
-0,24445035	2,56980754	-1,08290912	0,5696	0,5533	2,9
-0,25792296	2,56980754	-1,26200589	0,5522	0,5239	5,1
-0,27428146	2,56980754	-1,31231101	0,5318	0,5159	3,0
-0,29013342	2,56980754	-1,47342511	0,5127	0,4912	4,2
-0,32043098	2,56980754	-1,63682210	0,4782	0,4674	2,3
-0,18777095	2,56969317	-0,99753241	0,6490	0,5679	12,5
-0,22458258	2,56969317	-1,07695979	0,5962	0,5543	7,0
-0,24205179	2,56969317	-1,17609126	0,5727	0,5378	6,1
-0,31850664	2,56969317	-1,31231101	0,4803	0,5159	7,4
-0,35281732	2,56969317	-1,48084913	0,4438	0,4901	10,4
-0,40376851	2,56969317	-1,98900462	0,3947	0,4198	6,4
-0,36104887	2,63434280	-0,96097589	0,4355	0,5859	34,6
-0,36104887	2,63434280	-1,00000000	0,4355	0,5790	33,0
-0,40934324	2,63434280	-1,04699656	0,3896	0,5708	46,5
-0,45361759	2,63434280	-1,09660080	0,3519	0,5622	59,8
-0,45361759	2,63434280	-1,16329007	0,3519	0,5509	56,6
-0,49446172	2,63434280	-1,22308782	0,3203	0,5409	68,9
-0,18424990	2,56922578	-1,00497764	0,6543	0,5665	13,4
-0,22159067	2,56922578	-1,10597442	0,6004	0,5493	8,5
-0,23929933	2,56922578	-1,22102466	0,5764	0,5304	8,0
-0,28587125	2,56922578	-1,35497542	0,5178	0,5092	1,7
-0,31970410	2,56922578	-1,60082444	0,4790	0,4724	1,4
-0,37061669	2,56922578	-1,76715587	0,4260	0,4491	5,4
Error promedio:					<b>17,4</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_M$  vs.  $d^*$  y  $S$  en canal rectangular con arena, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$F_M$
Variables independientes:	$d^*$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	43%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	16%
$R^2$ ajustado:	14%
Error estándar de estimación:	9%
Observaciones:	96

**Cuadro E. 11.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con plomo para  $F_M$ .

**DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA  $F_M$  vs.  $d^{*'} y S$**

$F_M$	$d^{*'}$	$S$	$F_M$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,60773428	2,25201431	-0,98420573	0,2468	0,2213	10,3
-0,63835504	2,25201431	-1,06530017	0,2300	0,2126	7,6
-0,66096990	2,25201431	-1,16509587	0,2183	0,2023	7,3
-0,69163259	2,25201431	-1,27114927	0,2034	0,1919	5,7
-0,72613841	2,25201431	-1,48084913	0,1879	0,1729	8,0
-0,76361900	2,25201431	-1,75291543	0,1723	0,1510	12,4
-0,67200769	1,90961409	-1,00000000	0,2128	0,2371	11,4
-0,69815506	1,90961409	-1,08290912	0,2004	0,2275	13,5
-0,74241696	1,90961409	-1,21489334	0,1810	0,2130	17,7
-0,78301323	1,90961409	-1,38694462	0,1648	0,1956	18,7
-0,80210945	1,90961409	-1,66449352	0,1577	0,1704	8,0
-0,82657266	1,90961409	-2,24427712	0,1491	0,1277	14,3
-0,52534468	2,25128066	-0,99630385	0,2983	0,2200	26,2
-0,52534468	2,25128066	-1,08141413	0,2983	0,2109	29,3
-0,56495404	2,25128066	-1,17423925	0,2723	0,2014	26,0
-0,60176566	2,25128066	-1,27346551	0,2502	0,1917	23,4
-0,63613147	2,25128066	-1,41176821	0,2311	0,1790	22,6
-0,69863949	2,25128066	-1,63149326	0,2002	0,1605	19,8
-0,51175980	2,25128081	-0,98301425	0,3078	0,2215	28,0
-0,55228846	2,25128081	-1,07695979	0,2804	0,2114	24,6
-0,62496579	2,25128081	-1,16329007	0,2372	0,2025	14,6
-0,62496579	2,25128081	-1,28285603	0,2372	0,1908	19,5
-0,65779543	2,25128081	-1,44150340	0,2199	0,1764	19,8
-0,68864383	2,25128081	-1,70645803	0,2048	0,1546	24,5
-0,86872877	2,69061553	-1,01128101	0,1353	0,1980	46,3
-0,88988230	2,69061553	-1,11073821	0,1289	0,1884	46,2
-0,91021798	2,69061553	-1,22102466	0,1230	0,1784	45,1
-0,94866139	2,69061553	-1,33046327	0,1125	0,1689	50,1
-1,00146450	2,69061553	-1,52000125	0,0997	0,1538	54,3
-1,04934654	2,69061553	-1,73912714	0,0893	0,1379	54,5
-0,59794686	2,25347756	-1,00123907	0,2524	0,2194	13,1
-0,63277685	2,25347756	-1,08440927	0,2329	0,2105	9,6
-0,66539761	2,25347756	-1,18547163	0,2161	0,2002	7,4
-0,69606030	2,25347756	-1,32519903	0,2013	0,1868	7,2
-0,72497626	2,25347756	-1,53670694	0,1884	0,1681	10,7
-0,77826000	2,25347756	-1,85511104	0,1666	0,1435	13,9
-0,59340207	2,68923101	-0,97710539	0,2550	0,2014	21,0
-0,62120374	2,68923101	-1,03476211	0,2392	0,1957	18,2
-0,67257354	2,68923101	-1,09814909	0,2125	0,1897	10,8
-0,70789692	2,68923101	-1,17055877	0,1959	0,1830	6,6
-0,73228488	2,68923101	-1,23355326	0,1852	0,1773	4,3
-0,76166967	2,68923101	-1,31485820	0,1731	0,1703	1,6
-0,68806664	1,91099642	-0,97828075	0,2051	0,2395	16,8

Complemento Cuadro E. 11.					
-0,68806664	1,91099642	-1,03342376	0,2051	0,2331	13,6
-0,70021210	1,91099642	-1,09046226	0,1994	0,2266	13,6
-0,74625950	1,91099642	-1,16149175	0,1794	0,2187	21,9
-0,79880954	1,91099642	-1,24864193	0,1589	0,2094	31,8
-0,84667115	1,91099642	-1,33311951	0,1423	0,2008	41,1
-0,62256377	2,25201369	-1,00000000	0,2385	0,2196	7,9
-0,65581887	2,25201369	-1,08440927	0,2209	0,2106	4,7
-0,70196838	2,25201369	-1,18169514	0,1986	0,2006	1,0
-0,71646497	2,25201369	-1,35218252	0,1921	0,1843	4,0
-0,74426663	2,25201369	-1,45894729	0,1802	0,1748	3,0
-0,78328068	2,25201369	-1,58626572	0,1647	0,1641	0,4
-0,67891847	1,90961433	-1,01767722	0,2095	0,2350	12,2
-0,72461623	1,90961433	-1,12206124	0,1885	0,2231	18,3
-0,74596797	1,90961433	-1,25750539	0,1795	0,2086	16,2
-0,76642771	1,90961433	-1,45188543	0,1712	0,1894	10,6
-0,80493723	1,90961433	-1,71279820	0,1567	0,1663	6,2
-0,82559202	1,90961433	-2,26655352	0,1494	0,1263	15,5
-0,55057375	2,25201400	-0,98301425	0,2815	0,2215	21,3
-0,58845824	2,25201400	-1,05115252	0,2580	0,2141	17,0
-0,62376443	2,25201400	-1,12370319	0,2378	0,2065	13,2
-0,65680550	2,25201400	-1,19700225	0,2204	0,1991	9,7
-0,67255970	2,25201400	-1,31231101	0,2125	0,1880	11,5
-0,68784175	2,25201400	-1,42145548	0,2052	0,1781	13,2
-0,51285855	2,25201415	-0,98540049	0,3070	0,2212	28,0
-0,53351408	2,25201415	-1,07255067	0,2927	0,2118	27,6
-0,55338721	2,25201415	-1,18928126	0,2796	0,1999	28,5
-0,59099798	2,25201415	-1,30226907	0,2564	0,1890	26,3
-0,65889418	2,25201415	-1,48084913	0,2193	0,1729	21,2
-0,68974258	2,25201415	-1,63682210	0,2043	0,1600	21,7
-0,90715977	2,68768958	-0,99385712	0,1238	0,1998	61,4
-0,94647142	2,68768958	-1,09970291	0,1131	0,1896	67,6
-0,94647142	2,68768958	-1,21085337	0,1131	0,1794	58,6
-1,01716185	2,68768958	-1,36633017	0,0961	0,1661	72,8
-1,04917081	2,68768958	-1,67607540	0,0893	0,1424	59,4
-1,04917081	2,68768958	-1,96552352	0,0893	0,1233	38,1
-0,62023483	2,25128004	-1,01255274	0,2398	0,2183	9,0
-0,66014675	2,25128004	-1,11233783	0,2187	0,2077	5,0
-0,69118300	2,25128004	-1,21692751	0,2036	0,1972	3,2
-0,71471660	2,25128004	-1,33311951	0,1929	0,1861	3,5
-0,75608897	2,25128004	-1,50788062	0,1754	0,1706	2,7
-0,77428869	2,25128004	-1,70645803	0,1682	0,1546	8,1
-0,58252464	2,68703383	-0,99263890	0,2615	0,2000	23,5
-0,61079372	2,68703383	-1,07548510	0,2450	0,1919	21,7
-0,65042522	2,68703383	-1,15970084	0,2237	0,1841	17,7
-0,68714211	2,68703383	-1,28048929	0,2055	0,1733	15,7
-0,73221381	2,68703383	-1,40858655	0,1853	0,1626	12,2
-0,75329028	2,68703383	-1,59591711	0,1765	0,1482	16,0
-0,72036590	1,90880153	-0,96210834	0,1904	0,2416	26,9
-0,77449639	1,90880153	-1,01510742	0,1681	0,2353	40,0

Complemento Cuadro E. 11.					
-0,79965187	1,90880153	-1,07843950	0,1586	0,2280	43,8
-0,82367890	1,90880153	-1,14218660	0,1501	0,2209	47,2
-0,84666965	1,90880153	-1,21692751	0,1423	0,2129	49,5
-0,86870560	1,90880153	-1,32782317	0,1353	0,2014	48,9
Error promedio:					<b>21,5</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_M$  vs.  $d^{*'} y S$  en canal rectangular con plomo, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$F_M$
Variables independientes:	$d^{*'}$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	56%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	27%
$R^2$ ajustado:	25%
Error estándar de estimación:	10%
Observaciones:	96

**Cuadro E. 12.** Datos experimentales de pérdida de energía en canal rectangular con mezcla para  $F_M$ .

**DATOS PARA LA REGRESION LINEAL MULTIPLE PARA  $F_M$  vs.  $d^{*'}$  y  $S$**

$F_M$	$d^{*'}$	$S$	$F_M$		
			Calculado	Experimental	Error
-0,52349852	2,84377844	-0,94000207	0,2996	0,4173	39,3
-0,57407274	2,84377844	-0,96666791	0,2666	0,4205	57,7
-0,59767483	2,84377844	-0,99630385	0,2525	0,4241	67,9
-0,61134971	2,84377844	-1,02811122	0,2447	0,4280	74,9
-0,62905126	2,84377844	-1,05958569	0,2349	0,4319	83,8
-0,63768479	2,84377844	-1,09814909	0,2303	0,4367	89,6
-0,29431699	2,84854519	-0,99021267	0,5078	0,4231	16,7
-0,33086933	2,84854519	-1,07548510	0,4668	0,4336	7,1
-0,34135026	2,84854519	-1,15970084	0,4557	0,4442	2,5
-0,35500152	2,84854519	-1,28523573	0,4416	0,4606	4,3
-0,36500742	2,84854519	-1,39917908	0,4315	0,4760	10,3
-0,39701638	2,84854519	-1,58626572	0,4009	0,5024	25,3
-0,25720575	2,89024661	-0,93678108	0,5531	0,4139	25,2
-0,29375809	2,89024661	-1,02156065	0,5084	0,4242	16,6
-0,31110986	2,89024661	-1,09970291	0,4885	0,4338	11,2
-0,32789618	2,89024661	-1,21085337	0,4700	0,4480	4,7
-0,35990513	2,89024661	-1,34390999	0,4366	0,4655	6,6
-0,39002320	2,89024661	-1,53670694	0,4074	0,4921	20,8
-0,30047446	2,84724788	-0,97476418	0,5006	0,4213	15,9
-0,31907239	2,84724788	-1,03075936	0,4797	0,4281	10,7
-0,33702680	2,84724788	-1,11879586	0,4602	0,4391	4,6
-0,34750773	2,84724788	-1,22102466	0,4493	0,4523	0,7
-0,37116489	2,84724788	-1,31485820	0,4254	0,4647	9,2

Complemento Cuadro E. 12.					
-0,40006165	2,84724788	-1,52411782	0,3981	0,4936	24,0
-0,21352348	2,84845373	-0,98420573	0,6116	0,4223	30,9
-0,25601728	2,84845373	-0,95202105	0,5546	0,4184	24,6
-0,29532892	2,84845373	-1,21897126	0,5066	0,4519	10,8
-0,36601935	2,84845373	-1,43471741	0,4305	0,4809	11,7
-0,38227411	2,84845373	-1,52411782	0,4147	0,4935	19,0
-0,39802831	2,84845373	-1,70020908	0,3999	0,5192	29,8
-0,11784864	2,82202330	-0,96781532	0,7623	0,4220	44,6
-0,15440099	2,82202330	-1,06386449	0,7008	0,4339	38,1
-0,18853908	2,82202330	-1,18547163	0,6478	0,4494	30,6
-0,20479383	2,82202330	-1,33311951	0,6240	0,4689	24,9
-0,22054803	2,82202330	-1,57217926	0,6018	0,5024	16,5
-0,24181663	2,82202330	-1,67024585	0,5730	0,5168	9,8
-0,38107113	2,76111704	-0,94542404	0,4158	0,4233	1,8
-0,39674907	2,76111704	-0,99876445	0,4011	0,4298	7,2
-0,41696689	2,76111704	-1,05115252	0,3829	0,4364	14,0
-0,43164535	2,76111704	-1,09970291	0,3701	0,4425	19,6
-0,45524744	2,76111704	-1,15437201	0,3506	0,4496	28,2
-0,47784704	2,76111704	-1,21085337	0,3328	0,4569	37,3
-0,35023603	2,66461161	-0,93464695	0,4464	0,4283	4,1
-0,42029310	2,66461161	-0,95984639	0,3799	0,4314	13,5
-0,53826009	2,66461161	-0,98301425	0,2896	0,4343	50,0
-0,58883430	2,66461161	-1,00874867	0,2577	0,4375	69,8
-0,61243640	2,66461161	-1,03476211	0,2441	0,4408	80,6
-0,63503599	2,66461161	-1,05534864	0,2317	0,4434	91,4
-0,17608848	2,66253278	-0,95091457	0,6667	0,4304	35,4
-0,22229017	2,66253278	-1,00123907	0,5994	0,4367	27,1
-0,26478397	2,66253278	-1,06243353	0,5435	0,4445	18,2
-0,30409561	2,66253278	-1,11717232	0,4965	0,4515	9,1
-0,32269355	2,66253278	-1,19700225	0,4757	0,4621	2,9
-0,35112888	2,66253278	-1,26427375	0,4455	0,4711	5,7
-0,29029856	2,71707674	-0,97011927	0,5125	0,4292	16,3
-0,30765033	2,71707674	-1,03342376	0,4924	0,4371	11,2
-0,32443664	2,71707674	-1,10282735	0,4738	0,4459	5,9
-0,34069140	2,71707674	-1,18547163	0,4564	0,4567	0,1
-0,35644560	2,71707674	-1,29733385	0,4401	0,4717	7,2
-0,38656367	2,71707674	-1,38095426	0,4106	0,4832	17,7
-0,16677271	2,66413332	-0,96896577	0,6811	0,4325	36,5
-0,21297439	2,66413332	-1,01001300	0,6124	0,4377	28,5
-0,29477984	2,66413332	-1,05675640	0,5072	0,4436	12,5
-0,31337778	2,66413332	-1,10282735	0,4860	0,4496	7,5
-0,33133219	2,66413332	-1,17239511	0,4663	0,4587	1,6
-0,34868396	2,66413332	-1,25305105	0,4480	0,4695	4,8
-0,16880091	2,66394609	-1,00748802	0,6780	0,4374	35,5
-0,21500260	2,66394609	-1,04151643	0,6095	0,4417	27,5
-0,25749640	2,66394609	-1,10755655	0,5527	0,4502	18,5
-0,29680805	2,66394609	-1,16690922	0,5049	0,4580	9,3
-0,33336039	2,66394609	-1,25305105	0,4641	0,4695	1,2
-0,35071217	2,66394609	-1,31485820	0,4460	0,4779	7,2

Complemento Cuadro E. 12.					
-0,15317849	2,63375335	-1,00123907	0,7028	0,4386	37,6
-0,17053026	2,63375335	-1,07401541	0,6753	0,4479	33,7
-0,18731658	2,63375335	-1,16149175	0,6497	0,4594	29,3
-0,20357133	2,63375335	-1,26655352	0,6258	0,4735	24,3
-0,20993143	2,63375335	-1,35497542	0,6167	0,4857	21,2
-0,21932553	2,63375335	-1,48840227	0,6035	0,5048	16,4
-0,33291744	2,56988497	-0,93464695	0,4646	0,4345	6,5
-0,38872101	2,56988497	-0,95424251	0,4086	0,4370	7,0
-0,41460295	2,56988497	-0,97476418	0,3849	0,4396	14,2
-0,43929523	2,56988497	-0,99263890	0,3637	0,4419	21,5
-0,45825976	2,56988497	-1,00874867	0,3481	0,4439	27,5
-0,46749483	2,56988497	-1,01255274	0,3408	0,4444	30,4
-0,40662607	2,25626320	-0,93146529	0,3921	0,4556	16,2
-0,46878948	2,25626320	-0,94871002	0,3398	0,4578	34,7
-0,49740796	2,25626320	-0,98064105	0,3181	0,4621	45,2
-0,52459306	2,25626320	-0,98064105	0,2988	0,4621	54,6
-0,57516727	2,25626320	-0,99263890	0,2660	0,4637	74,3
-0,62136896	2,25626320	-1,01001300	0,2391	0,4660	94,9
-0,26358223	2,25146136	-1,15970084	0,5450	0,4869	10,7
-0,28360732	2,25146136	-0,96896577	0,5205	0,4608	11,5
-0,30289387	2,25146136	-1,01128101	0,4979	0,4665	6,3
-0,32149181	2,25146136	-1,06530017	0,4770	0,4738	0,7
-0,21216371	2,25146136	-1,13706715	0,6135	0,4837	21,2
-0,33944622	2,25146136	-1,19895414	0,4577	0,4925	7,6
-0,29138094	2,30456242	-1,29488711	0,5112	0,5022	1,8
-0,30873271	2,30456242	-0,97945930	0,4912	0,4585	6,7
-0,32551902	2,30456242	-1,00748802	0,4726	0,4622	2,2
-0,34177378	2,30456242	-1,04837747	0,4552	0,4677	2,7
-0,36062129	2,30456242	-1,10282735	0,4359	0,4751	9,0
-0,38176358	2,30456242	-1,15970084	0,4152	0,4830	16,3
-0,25637137	2,25283908	-1,19895414	0,5542	0,4923	11,2
-0,27639646	2,25283908	-0,94871002	0,5292	0,4581	13,4
-0,29568302	2,25283908	-1,00623102	0,5062	0,4657	8,0
-0,31428095	2,25283908	-1,07109085	0,4850	0,4745	2,2
-0,32512812	2,25283908	-1,14047340	0,4730	0,4841	2,3
-0,33575269	2,25283908	-1,22102466	0,4616	0,4955	7,3
-0,17279936	2,25238009	-1,29979445	0,6717	0,5069	24,5
-0,21900105	2,25238009	-0,98900462	0,6039	0,4635	23,3
-0,26149485	2,25238009	-1,01767722	0,5477	0,4673	14,7
-0,30080650	2,25238009	-1,07548510	0,5003	0,4752	5,0
-0,31940443	2,25238009	-1,12866661	0,4793	0,4825	0,7
-0,33735884	2,25238009	-1,19700225	0,4599	0,4921	7,0
-0,12132463	2,22956760	-1,26200589	0,7563	0,5032	33,5
-0,13992256	2,22956760	-0,99507876	0,7246	0,4659	35,7
-0,15787697	2,22956760	-1,06100728	0,6952	0,4748	31,7
-0,17522875	2,22956760	-1,14910777	0,6680	0,4871	27,1
-0,19201506	2,22956760	-1,24211106	0,6427	0,5003	22,2
-0,20826982	2,22956760	-1,34390999	0,6191	0,5152	16,8
-0,30738019	2,17398682	-1,47712125	0,4927	0,5400	9,6

Complemento Cuadro E. 12.					
-0,36318376	2,17398682	-0,94871002	0,4333	0,4636	7,0
-0,41375798	2,17398682	-0,95759615	0,3857	0,4648	20,5
-0,43736007	2,17398682	-0,98301425	0,3653	0,4683	28,2
-0,44651565	2,17398682	-0,99507876	0,3577	0,4699	31,4
-0,45995967	2,17398682	-1,01128101	0,3468	0,4721	36,1
Error promedio:					<b>22,2</b>

**Estadística de regresión múltiple para  $F_M$  vs.  $d^*$  y  $S$  en canal rectangular con mezcla, en condiciones de no depósito.**

Variable dependiente:	$F_M$
Variables independientes:	$d^*$ , $S$ .
Coefficiente de correlación (R):	6%
Índice de determinación múltiple $R^2$ :	4%
$R^2$ ajustado:	2%
Error estándar de estimación:	11%
Observaciones:	126