

## COMPORTAMIENTO DEL ERROR DE MEDICIÓN EN UN MEDIDOR TIPO TURBINA, ANTE LA PRESENCIA DE TRAMOS RECTOS

**Pedroza González, Edmundo<sup>1</sup>; Lara Ledesma, Benjamín<sup>2</sup>; Larios Fraga, David<sup>3</sup>, Sánchez Quispe, Sonia Tatiana<sup>2</sup> y Domínguez Sánchez, Constantino<sup>2</sup>**

**Resumen** – En el artículo 27 de la Constitución en materia de agua se menciona que “las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación y ésta puede autorizar la explotación, el uso o el aprovechamiento a particulares conforme a las leyes mexicanas, mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes. Para lo cual se debe controlar la explotación de los acuíferos y dar un uso eficiente al recurso incluyendo el cumplimiento de las leyes que por cierto apoyan la medición”. Durante el 2004 se realizaron experimentos en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Guanajuato con un medidor colocado con insuficientes tramos rectos. Los resultados de las pruebas señalaron que el medidor presenta los menores errores cuando está colocado en la posición de tramos rectos requeridos; es decir, de cinco diámetros aguas arriba y tres aguas abajo, esto para todos los valores de gasto utilizados. El mayor error se obtuvo cuando el medidor no tenía tramos rectos aguas arriba. Como recomendación del trabajo se señaló la conveniencia de continuar realizando experimentos con diferentes medidores al fin de comparar los resultados con los obtenidos en este trabajo.

**Palabras clave:** medición, medidor de agua, errores de medición, laboratorio de hidráulica

**Abstract** – In the article 27 of the Constitution as for water there is mentioned that “the waters inside the limits of the national territory are a property of the nation and this one can authorize the exploitation, the use or the utilization to individuals in conformity with the Mexican laws, by means of concessions granted by the Federal Executive, in agreement with the rules and conditions that establish the Laws. For which it is necessary to to control the exploitation of the aquiferous ones and give an efficient use to the resource including the fulfillment of the laws that certainly support the measurement”. During the 2004 experiments were realized in the laboratory of hydraulics of Guanajuato's University by a meter placed with insufficient straight sections. The results of the tests indicated that the meter presents the minor mistakes when it is placed in the position of straight needed sections; it is to say, of five diameters upstream and three downstream, this for all the values of expense used. The major mistake was obtained when the meter did not have straight sections upstream. As recommendation of the work indicated the convenience of continuing to itself realizing experiments with different meters to the end of comparing the results with the obtained ones in this work.

**Keywords:** Measurement, meter of water, mistakes of measurement, laboratory of hydraulics

---

<sup>1</sup> Especialista en Hidráulica del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México; epedroza@tlaloc.imta.mx

<sup>2</sup> Profesor-Investigador de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México; blarale@hotmail.com

<sup>3</sup> Estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México

## **Antecedentes**

La medición del agua mediante el uso de dispositivos y técnicas tiene fines principalmente como los siguientes:

- a) Cobro del suministro del agua; y,
- b) Control de sobreexplotación de los acuíferos entre otros.

La autoridad del agua en nuestro país no cobra por el derecho al agua, sino por la capacidad de entregarla en la cantidad solicitada, ya que involucra infraestructura hidráulica, personal, vehículos, inmuebles, etc., por lo que es indispensable conocer cuanta agua se entrega a cada usuario para poder cobrarle lo que le corresponda.

La sobreexplotación existe cuando los usuarios de pozos que tienen permitido la extracción de un volumen máximo anual estimado en función de la recarga del acuífero, extraen más agua de la que entra, con el riesgo del abatimiento del nivel freático, y como consecuencia un grave daño al medio ambiente. La importancia del agua subterránea queda de manifiesto por la magnitud del volumen utilizado, ya que el 37% del volumen total concesionado para usos agrícolas es de origen subterráneo (CONAGUA, 2007).

La obligatoriedad de la medición del agua se encuentra sustentada en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y más específicamente en la Ley de Aguas Nacionales.

En el artículo 27 de la Constitución en materia de agua se menciona que “las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación y ésta puede autorizar la explotación, el uso o el aprovechamiento a particulares conforme a las leyes mexicanas, mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes. Para lo cual se debe controlar la explotación de los acuíferos y dar un uso eficiente al recurso incluyendo el cumplimiento de las leyes que por cierto apoyan la medición”.

## **Introducción**

En el caso de pozos agrícolas es muy común que no se dejan tramos rectos suficientes para colocar correctamente los medidores. Durante el 2004 se realizaron experimentos en el laboratorio de hidráulica de la Universidad de Guanajuato con un medidor colocado con insuficientes tramos rectos. Los resultados de las pruebas señalaron que el medidor presenta los menores errores cuando está colocado en la posición de tramos rectos requeridos; es decir, de cinco diámetros aguas arriba y tres aguas abajo, esto para todos los valores de gasto utilizados. El mayor error se obtuvo cuando el medidor no tenía tramos rectos aguas arriba (3.6%).

Como recomendación del trabajo se señaló la conveniencia de continuar realizando experimentos con diferentes medidores al fin de comparar los resultados con los obtenidos en este trabajo. Esto es muy importante ya que los resultados pueden ser mal interpretados en el sentido que valen para todos los casos y todos los medidores.

Por tal motivo se llevó a cabo el presente trabajo, que consistió en cuantificar los errores de un medidor de flujo volumétrico tipo turbina modelo WOLTMAN TURBO WT II, de 12 pulgadas de diámetro, que están diseñados para medir altos caudales con una mínima pérdida de carga, ver la Figura 1. La medición es por medio de una turbina plástica que gira proporcionalmente a la velocidad del flujo (Diseñados y producidos de acuerdo a los requisitos de la norma Internacional ISO 4064 Clase B. Cumple con la norma Mexicana NOM-008-SCFI-2002), colocado en una tubería de PVC de 12 pulgadas de diámetro, el cual fue ubicado en diferentes posiciones a lo largo de la tubería.



Figura 1. Medidor de agua tipo turbina

### Objetivo

Determinar el comportamiento del error de medición de un medidor tipo turbina ubicado en diferentes posiciones a lo largo del eje de la tubería, o sea variando el tramo recto requerido, tanto aguas arriba como aguas abajo, Figura 2. El gasto descargado se variará en cada una de las posiciones del medidor.

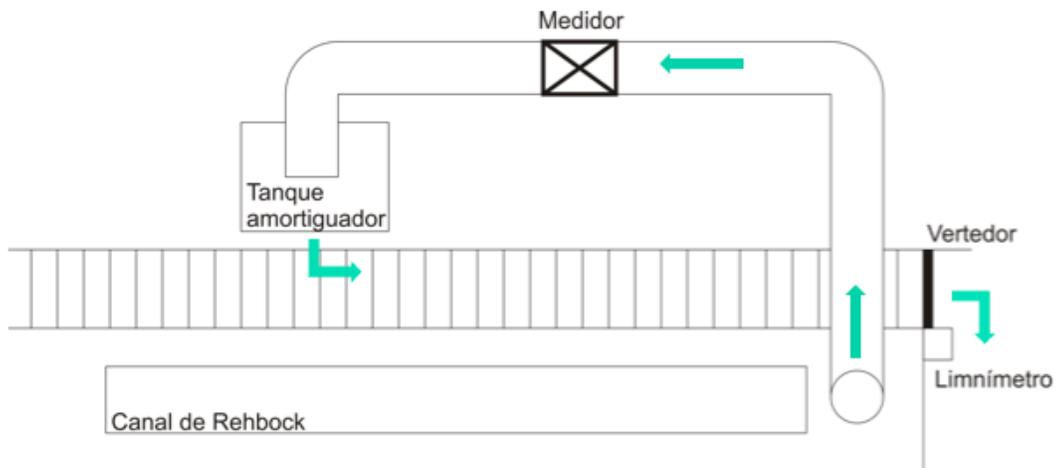


Figura 2. Esquema del módulo experimental

### Metodología

En el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo se tienen las instalaciones necesarias para realizar este tipo de trabajo.

Los experimentos se realizarán colocando inicialmente el medidor en la entrada del tramo de pruebas y terminarán con el medidor colocado junto al codo del cuello de ganso. El tramo de pruebas  $T$  será de 12 pulgadas de diámetro con la longitud siguiente:

$$T = (A + B)D + L$$

Donde:

$T$  es la longitud del tramo de pruebas;

$A$  es el número de diámetros de tramo recto aguas arriba del medidor;

$B$  es el número de diámetros de tramo recto aguas abajo del medidor;

$D$  es el diámetro del tubo; y,

$L$  es la longitud del carrete del medidor.

El medidor se irá colocando con los tramos rectos aguas arriba y aguas abajo, de acuerdo a la Tabla 2, considerando  $A = 5$  y  $B = 3$ .

Tabla 2. Colocación del medidor tipo turbina para cada prueba

Número de Prueba	Número de diámetros del tramo aguas arriba del medidor	Número de diámetros del tramo aguas abajo del medidor
1	0	8
2	1	7
3	2	6
4	3	5
5	4	4
6	5	3
7	6	2
8	7	1
9	8	0

Este arreglo requiere de contar con varios carretes y sus correspondientes bridas. De acuerdo con la Tabla 2, para el caso de los valores de  $A$  y  $B$  ya indicados, los carretes necesarios se muestran en la Tabla 3. En la Figura 3 se puede ver el arreglo recomendado: cinco diámetros aguas arriba y tres diámetros aguas abajo.

Tabla 3. Número y longitudes de los carretes

Número de Carrete	Longitudes de los carretes		
	En número de diámetros	En pulgadas	En metros
1	8	96	2.44
2	7	84	2.13
3	6	72	1.83
4	5	60	1.52
5	4	48	1.22
6	3	36	0.91
7	2	24	0.61
8	1	12	0.30
Total		432	10.97

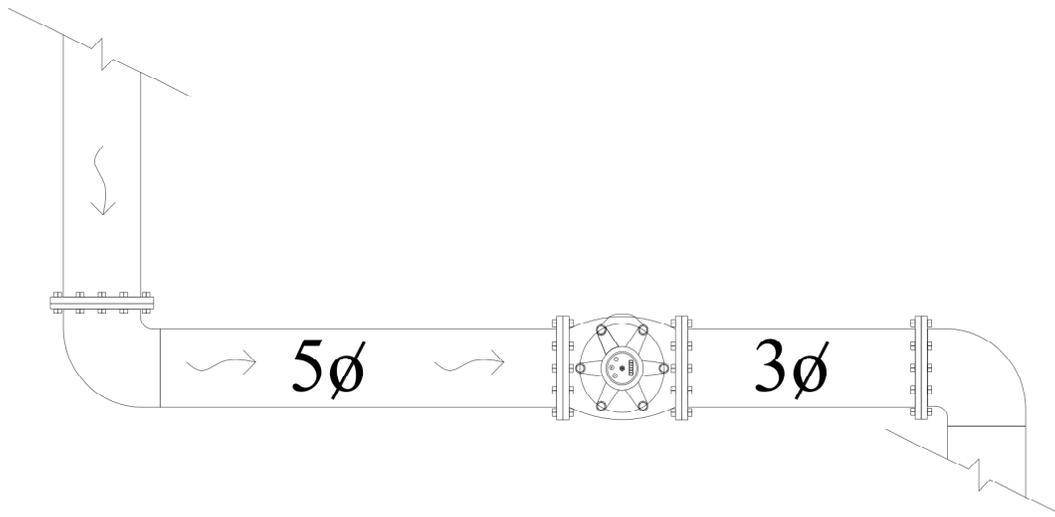


Figura 3. Arreglo de cinco diámetros aguas arriba y tres diámetros aguas abajo

### Análisis de las pruebas realizadas

A continuación se presenta cada una de las nueve pruebas que se realizaron con diferentes gastos. En primera instancia, se tenía la recomendación de que el tramo que presentaría los mejores resultados sería la posición del medidor cinco diámetros aguas arriba y tres diámetros aguas abajo, por lo que los resultados se comparan con esta posición. Los resultados se presentan de manera gráfica de la Figura 4 a la Figura 12.

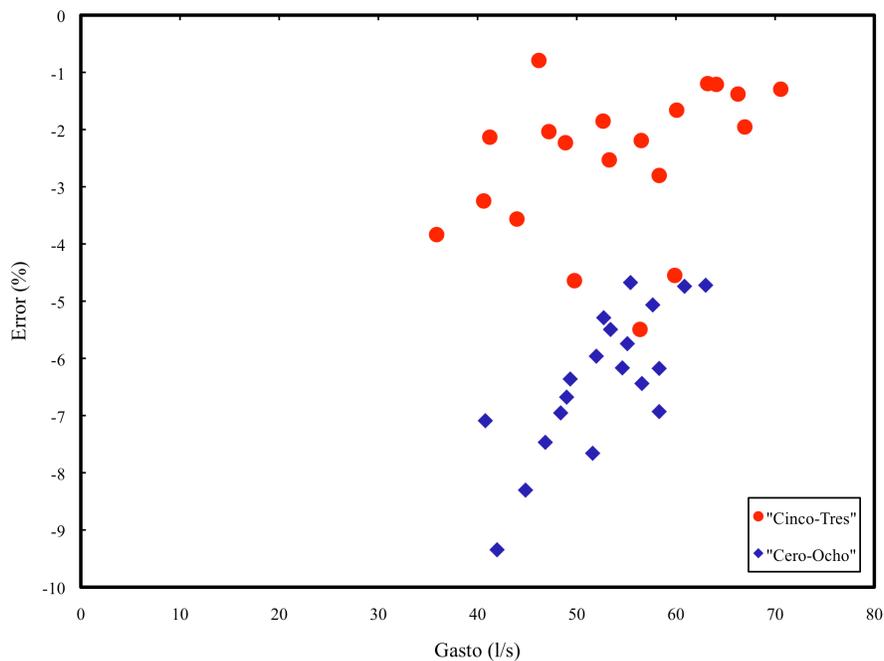


Figura 4. Comparación de la posición "Cero-Ocho" contra la posición "Cinco-Tres"

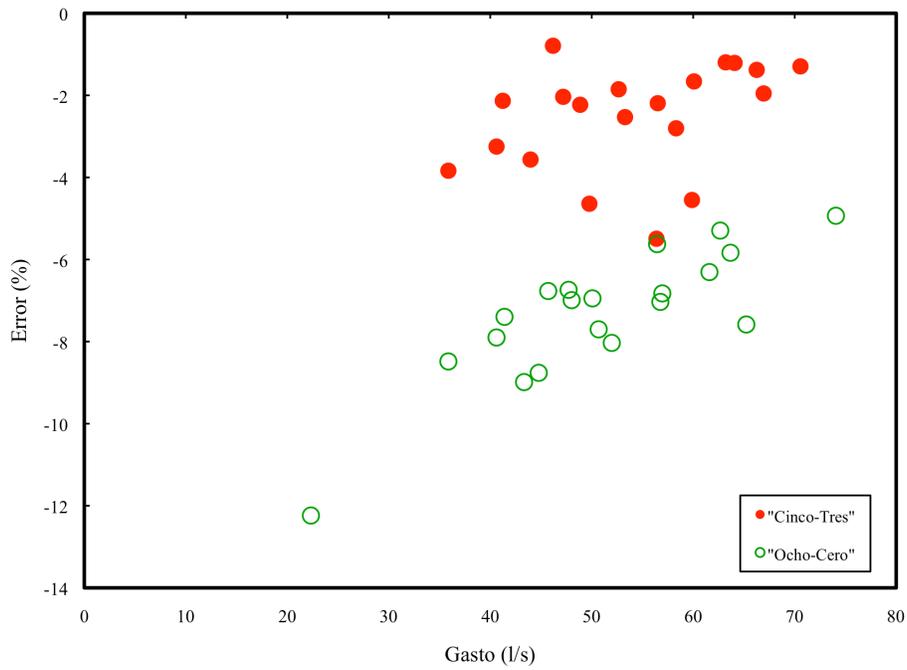


Figura 5. Comparación de la posición “Ocho-Cero” contra la posición “Cinco-Tres”

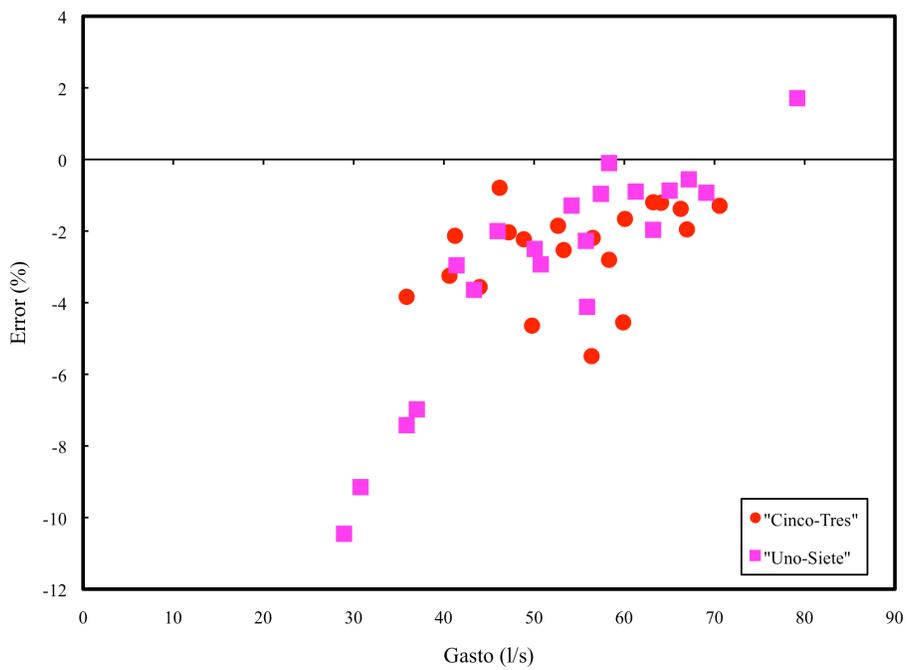


Figura 6. Comparación de la posición “Uno-Siete” contra la posición “Cinco-Tres”

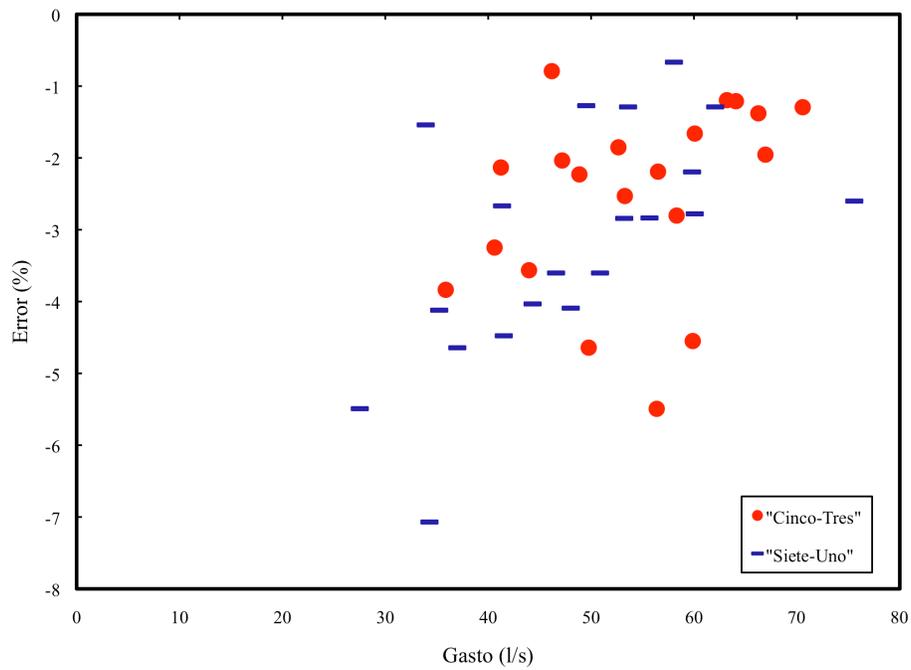


Figura 7. Comparación de la posición “Siete-Uno” contra la posición “Cinco-Tres”

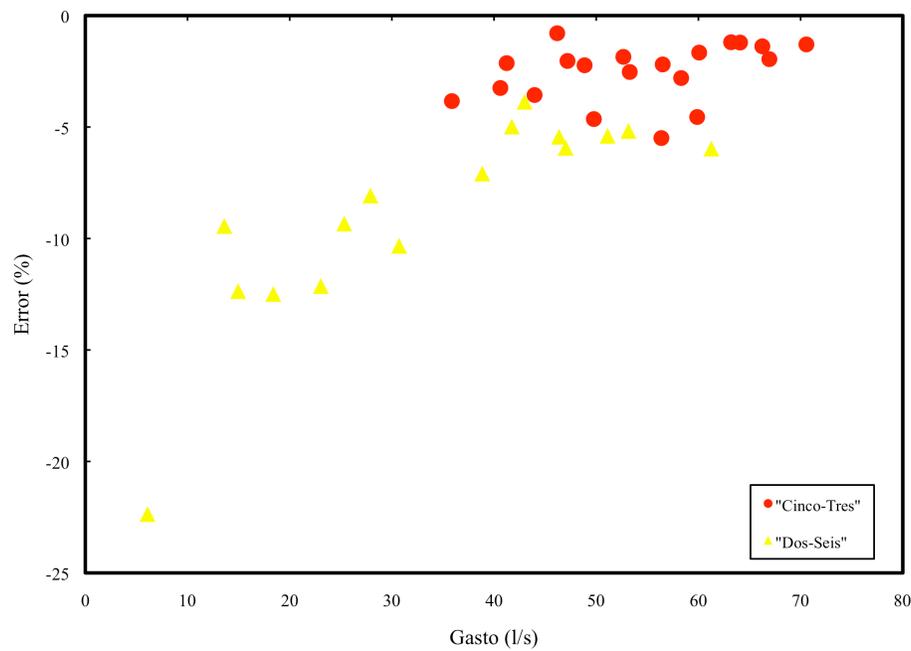


Figura 8. Comparación de la posición “Dos-Seis” contra la posición “Cinco-Tres”

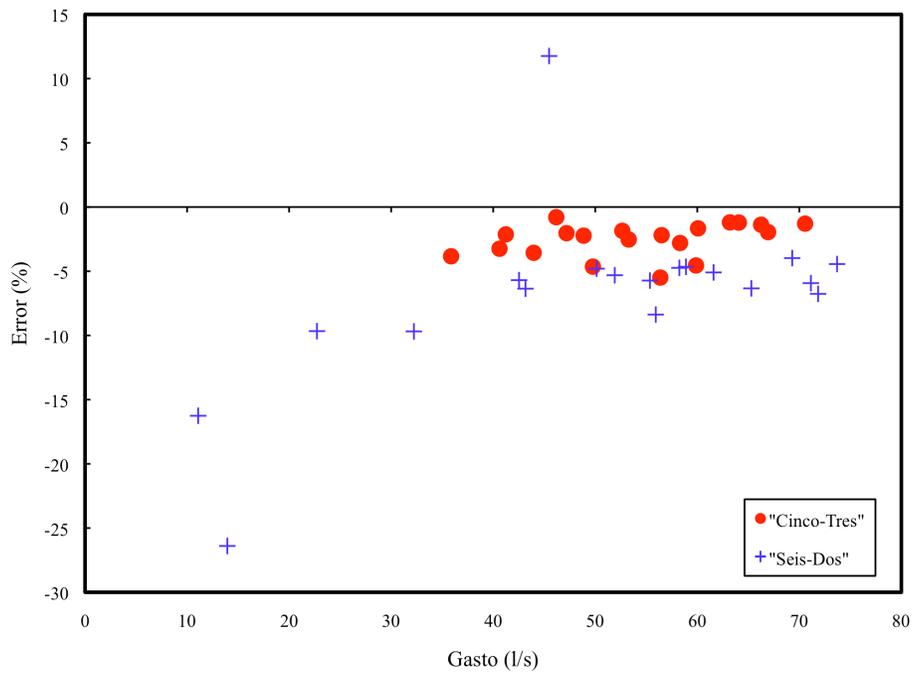


Figura 9. Comparación de la posición “Seis-Dos” contra la posición “Cinco-Tres”

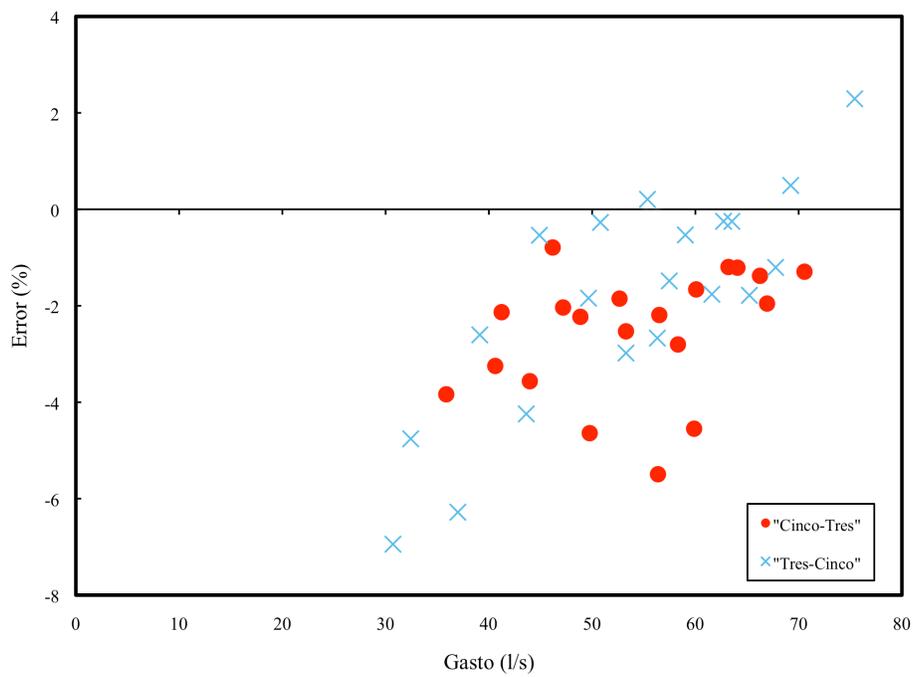


Figura 10. Comparación de la posición “Tres-Cinco” contra la posición “Cinco-Tres”

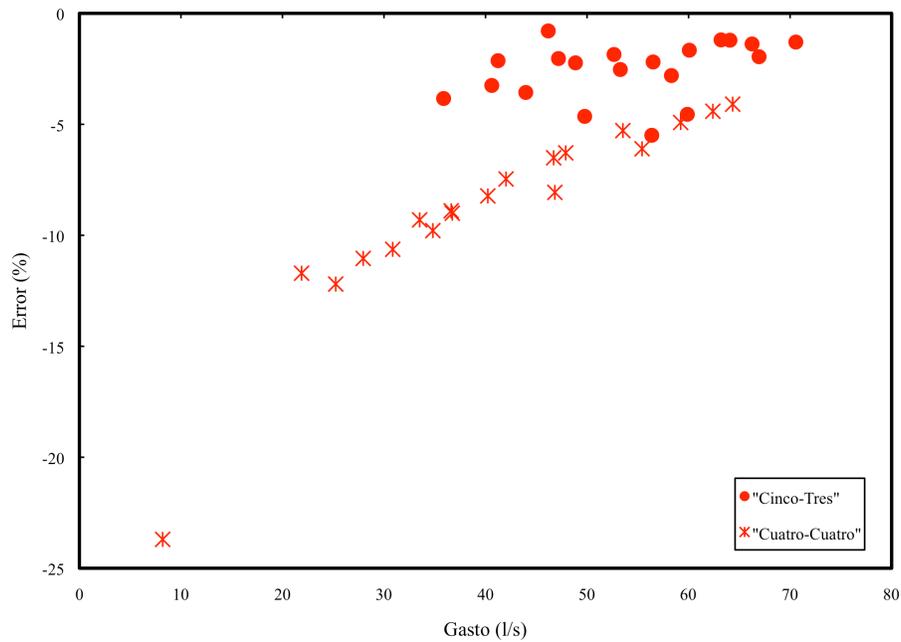


Figura 11. Comparación de la posición “Cuatro-Cuatro” contra la posición “Cinco-Tres”

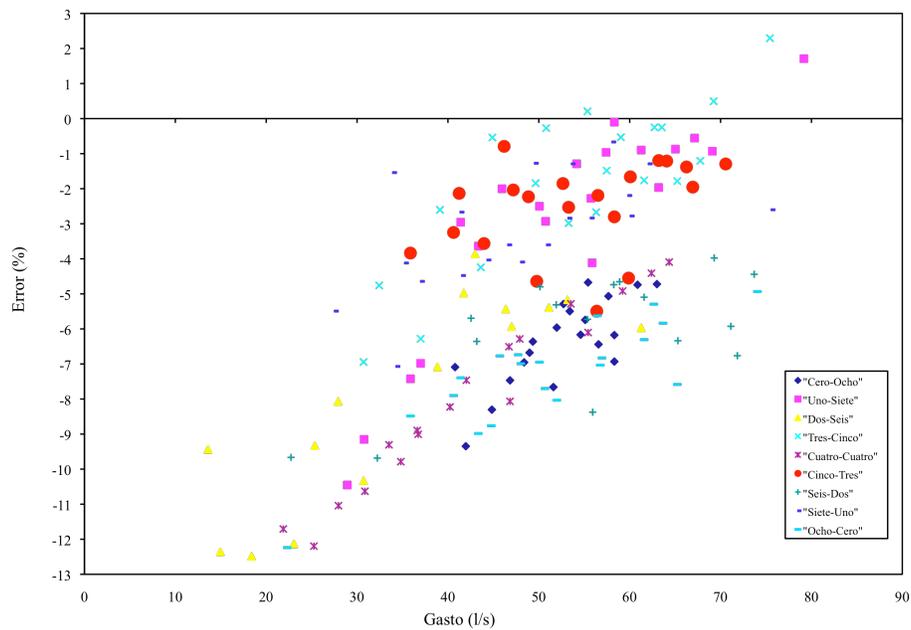


Figura 12. Comparación de “Todas las Posiciones” contra la posición “Cinco-Tres”

## Conclusiones

Al analizar la Figura 4, en donde se compara la posición “Cero-Ocho” contra la posición “Cinco-Tres”, se observa que para el mismo rango de gastos medidos (35 a 70 l/s) el error en la medición es mayor en la posición “Cero-Ocho” que para la medición hecha en la posición “Cinco-Tres”, que de aquí en adelante le llamaremos posición de referencia. De aquí, se concluye que la posición “Cero-Ocho” no es adecuada para el rango de gastos medidos.

Para la Figura 5, en donde se compara la posición “Ocho-Cero” contra la posición de referencia, se observa el mismo comportamiento que para la posición “Cero-Ocho”, con la diferencia de que aquí se midió un gasto más pequeño, de 22 l/s, con un error negativo del 12%. Desafortunadamente no se puede comparar este gasto en la posición de referencia, ya que el gasto medido más pequeño fue de 36 l/s con un error negativo del 4%. De aquí, se concluye que la posición “Ocho-Cero” no es adecuada para el rango de gastos medidos.

Del análisis de la Figura 6, en donde se compara la posición “Uno-Siete” contra la posición de referencia, se observa un comportamiento similar al de la posición de referencia, para cierto rango de gastos. Incluso, cuando el gasto aumenta para dicha posición el error de medición pasa de negativo a positivo. Para el gasto más pequeño en la posición de referencia, de 36 l/s con un error negativo del 4%, en la posición “Uno-Siete” se tiene un error negativo en la medición del 7%. Al analizar los resultados podemos concluir que para la posición analizada al medir gastos pequeños el error aumenta con respecto a la posición de referencia; sin embargo, para gastos grandes no es posible concluir nada ya que no se puede comparar el error obtenido porque no existe una medición similar en la posición de referencia.

Para la Figura 7, en donde se compara la posición “Siete-Uno” contra la posición de referencia, se observa un comportamiento similar al de la posición de referencia, para cierto rango de gastos. Para el gasto más pequeño en la posición de referencia, de 36 l/s con un error negativo del 4%, en la posición “Siete-Uno” se tiene un error negativo en la medición del 7%. Al analizar los resultados podemos concluir que para la posición analizada al medir gastos pequeños el error aumenta con respecto a la posición de referencia; sin embargo, para el resto de gastos se tiene un comportamiento similar al de la posición de referencia.

Del análisis de la Figura 8, en donde se compara la posición “Dos-Seis” contra la posición de referencia, se observa el error de medición aumenta considerablemente para gastos pequeños, llegando a ser de -22% para un gasto de 6 l/s, desafortunadamente no podemos hacer la comparación con la posición de referencia, por la razón expuesta anteriormente. En donde se puede hacer la comparación se observa que se tiene una mejor medición en la posición de referencia, por lo tanto esta posición no es adecuada para este rango de gastos medidos.

Para la Figura 9, en donde se compara la posición “Seis-Dos” contra la posición de referencia, se observa un comportamiento similar que para la posición anterior. Se observa un error de medición positivo para el gasto de 45 l/s, que quizá se pueda deber a un error humano. En donde se puede hacer la comparación se observa que se tiene una mejor medición en la posición de referencia, por lo tanto esta posición no es adecuada para este rango de gastos medidos.

Del análisis de la Figura 10, en donde se compara la posición “Tres-Cinco” contra la posición de referencia, se observa el error de medición disminuye para esta posición, excepto para gastos pequeños. Para el rango de gastos comparable podemos concluir que esta posición se tiene un mejor desempeño del medidor de turbina. Para tener la certeza de esta afirmación se necesitarían hacer más pruebas para gastos más grandes, desafortunadamente no se pudieron llevar a cabo por las limitaciones en las instalaciones del laboratorio de hidráulica.

En la Figura 11, en donde se compara la posición “Cuatro-Cuatro” contra la posición de referencia, se observa un comportamiento peor que para la posición de referencia. Lo mismo que sucede para gastos pequeños se tiene en esta posición, o sea errores considerables. En donde se puede hacer la comparación se observa que se tiene una mejor medición en la posición de referencia, por lo tanto esta posición no es adecuada para este rango de gastos medidos.

Por último, en la Figura 12 se tienen representados los errores para las posiciones probadas para determinar el error en la medición de gastos. Como una conclusión general, podemos afirmar que para gastos pequeños este tipo de medidor no es adecuado su empleo, ya que hay que recordar que es un medidor de 12 pulgadas. O sea, que debe utilizarse para medir caudales mayores. Otra conclusión que podemos hacer es que para poder afirmar que la posición “Tres-Cinco” es más adecuada que la posición de referencia es necesario llevar a cabo pruebas con gastos mayores, por ejemplo hasta 150 l/s, para ello hay que adaptar las instalaciones en el laboratorio de hidráulica para realizar estas pruebas.

### **Bibliografía consultada**

Carreño, A.E.P. (2008). *Estudio experimental del efecto de acondicionadores de flujo en la medición*; tesis de maestría; División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

CONAGUA (2007). Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, Gerencia de Unidades y Distritos de Riego, *Términos de referencia y especificaciones técnicas para el programa de instalación de medidores en fuentes de abastecimiento en Unidades y Distritos de Riego*; México.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Lara, L.B. (2010). *Comportamiento del error en medidores de turbina con insuficientes tramos rectos*; informe final; convenio UMSNH/IMTA; Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Morelia, Michoacán, México.

Larios, F.D. (2011). *Comportamiento del error de medición en un medidor tipo turbina*; tesis de licenciatura; Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Morelia, Michoacán, México.

Ortiz, M.J. (2005). *Comportamiento del error en medidores de propela con insuficientes tramos rectos*; informe final; convenio UG/IMTA; Universidad de Guanajuato; México.

SEMARNAT (2007). Estadísticas del agua en México.