

# LIVRO BLANCO

**Una nueva metodología para la medición  
precisa del flujo de agua: el estudio de la  
precisión del FPI Mag®**



# LIVRO BLANCO

## Una nueva metodología para la medición precisa del flujo de agua: el estudio de la precisión del FPI Mag®

Autor: Nicholas Voss, director de productos de FPI Mag

### Resumen:

Los medidores de flujos electromagnéticos, o "medidores magnéticos", son los más utilizados en todo el mundo para medir el flujo de agua. Con el aumento de la población, la gestión y medición del agua es cada vez más importante para preservar los recursos hídricos. Para complicar la ecuación aún más, muchos sistemas de distribución y tratamiento del agua que necesitan actualizar su tecnología no pueden dejar de funcionar para seguir prestando servicio a las comunidades. El resultado son tramos que no se miden o sistemas para los que se obtienen medidas incorrectas, lo que se traduce en una costosa pérdida de agua.

En 2011, McCrometer Inc., una empresa innovadora en tecnología de medición del flujo con más de 55 años de experiencia, presentó el medidor de flujo electromagnético FPI Mag. El FPI Mag prometía idéntica precisión que los medidores magnéticos "con brida" o de "diámetro completo" tradicionales, pero ofrecía además la facilidad de instalación de los medidores tipo inserción. Por otra parte, el FPI Mag podía instalarse mediante "derivación sobre tubería en carga" o con el sistema funcionando a una capacidad normal, lo que evitaba costosas paralizaciones e interrupción del servicio. La función de derivación sobre tubería en carga del medidor se ha probado y documentado con las experiencias de los clientes (consulte el estudio de casos de McCrometer 30124-02 – *El medidor de flujo magnético de nueva generación ayuda a Davidson con el agua no facturada*), las pruebas realizadas externamente aún no se han publicado. Este informe analiza la precisión especificada del FPI Mag y las pruebas actuales realizadas. Las pruebas examinadas en este informe se realizaron en un laboratorio independiente.

### Terminología:

- o GPM: velocidad de flujo volumétrica en galones por minuto
- o FPI Mag: medidor de flujo electromagnético de inserción de perfil completa
- o ft/s: velocidad en pies por segundo
- o Magnético de diámetro completo: medidor de flujo electromagnético en línea tradicional
- o m/s: velocidad en metros por segundo
- o Diámetros de tubos: una medición de las tuberías instaladas aguas arriba y aguas abajo en la que la longitud de la tubería en pulgadas se divide por el diámetro del medidor
- o Capacidad de rango: el rango de flujo en el que la velocidad de flujo máxima se divide por la velocidad de flujo mínima
- o Precisión: sinónimo de error, expresado como un % de desviación respecto a la velocidad de flujo real

### Lista de tablas y figuras:

Tabla 1 - Parámetros de prueba del FPI Mag

Tabla 2 - Incertidumbre del sistema de prueba FPI Mag de 30"

Figura 1 - Gráfico de error del FPI Mag de 30"

## Protocolo de prueba del FPI Mag:

La precisión especificada de un medidor FPI Mag calibrado es la siguiente:

+/- 0,5 % para una velocidad de 1 ft/s (0,3 m/s) a 32 ft/s (9,8 m/s)

+/- 1,0 % de 0,3 ft/s (0,1 m/s) a 1 ft/s (0,3 m/s)

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de investigación Utah State Water Research Laboratory (USWRL) en Logan, Utah. Se seleccionó el USWRL porque es un laboratorio reputado y por la gran cantidad de tamaños de tuberías y velocidades de flujo que admite para las pruebas.

McCrometer decidió probar la precisión de un FPI Mag de 30" en el laboratorio USWRL. Se seleccionó este tamaño en lugar de otro menor por el volumen de pureza de agua que circula por una tubería de 30". Para el servicio, la precisión es más importante en las tuberías de mayor tamaño: en una tubería más pequeña de 4" a 10", si la medición se desvía un 1 % con flujos altos, el medidor se desviará unos cientos de galones, lo que supone un coste bajo en términos de pérdida de ingresos. En una tubería de 30" o mayor, la cantidad de agua que fluye es mucho mayor, por lo que un error de un 1 % supone miles de galones de agua no facturada, por lo que la pérdida de ingresos para la planta o el municipio es mucho mayor.

Las pruebas se realizaron con una amplia capacidad de rango 22:1 con tuberías aguas arriba 23D y aguas abajo 14D. Las longitudes de las tuberías aguas arriba y aguas abajo simulan una sección de tubería recta infinita para establecer el rendimiento de referencia del medidor sin obstrucciones. Las velocidades de flujo registradas por el FPI Mag se compararon con las registradas por un medidor de flujo Venturi de 20" de referencia del laboratorio USWRL con flujos de moderados a altos. Las velocidades de flujo registradas por el FPI Mag se compararon con un medidor magnético de diámetro completo de 12" tradicional de referencia del laboratorio USWRL con velocidades de flujo lentas.

Todos los detalles de la prueba de precisión se incluyen en la siguiente tabla:

Tamaño FPI (pulg.)	Velocidad de flujo mín. (gpm)	Velocidad de flujo máx. (gpm)	Velocidad mín. (ft/s)	Velocidad máx. (ft/s)	Capacidad de rango	Diámetros de tuberías aguas arriba	Diámetros de tuberías aguas abajo
30"	503,1	10900,3	0,24	5,2	22:1	23	14

Tabla 1: Parámetros del protocolo de prueba del FPI Mag

## Resultados:

Los resultados de las pruebas se resumen mejor en el siguiente gráfico de precisión. La precisión se expresa como la diferencia en la lectura registrada por el FPI Mag comparada con la velocidad de flujo real. La velocidad de flujo real se estableció con el medidor Venturi y magnético de diámetro completo según lo descrito anteriormente. Las barras naranjas representan la precisión de todo el sistema de medición. Para obtener más detalles sobre la precisión de todo el sistema, consulte el Anexo.

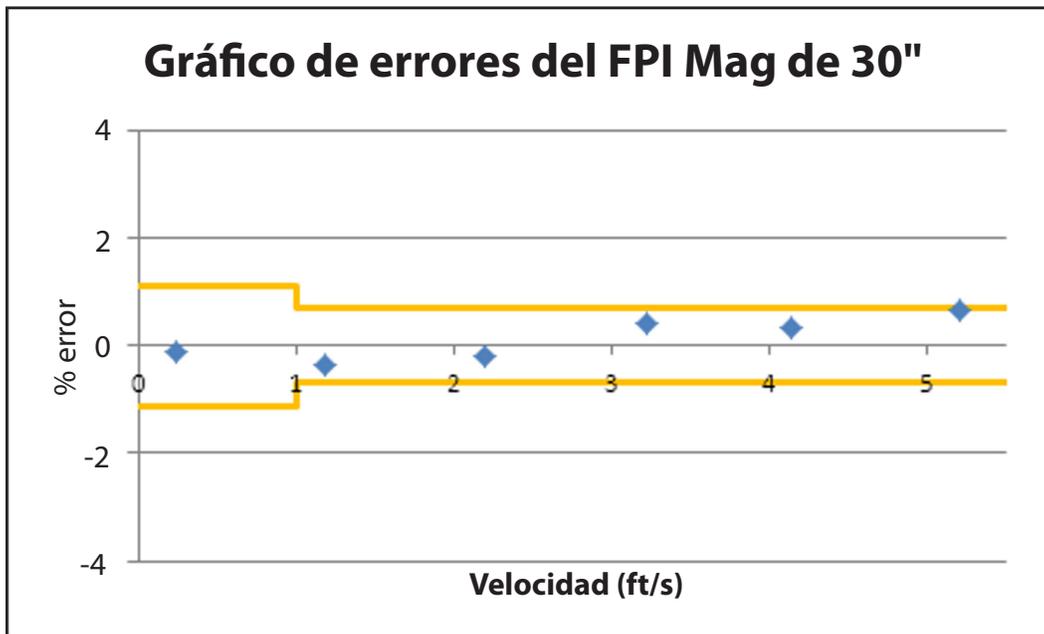


Figura 1: Gráfico de errores del FPI Mag de 30"

La precisión probada del FPI Mag de 30" comparada con el medidor de flujo de referencia es mejor que el rango de +/-1,0 % para velocidades de entre 0,3 ft/s y 1 ft/s. La precisión probada para velocidades superiores a 1 ft/s era mejor que el rango de +/-0,5 % dentro de la incertidumbre del sistema. Para el punto de prueba a 5,2 ft/s, la precisión probada del FPI Mag fue del 0,66 %. Esta cifra es inferior a la medición de precisión total del 0,71 % para el sistema combinado.

### Conclusión:

Los resultados de la prueba del FPI Mag de 30" demuestran que el FPI Mag cumple la precisión especificada. El error medido del medidor de flujo de 30" era igual o mejor que las precisiones especificadas para un rango amplio de flujo. El medidor era preciso con velocidades de flujo bajas, cuando la precisión suele ser difícil de lograr, y también con velocidades altas, cuando una imprecisión supone perder ingresos.

Al autor le gustaría destacar que los dos medidores de referencia eran necesarios para medir la velocidad de flujo de referencia de un medidor FPI Mag. Además, uno de los sistemas de tuberías tuvo que reducirse de 30" a 20" para usar el medidor Venturi, y de nuevo reducirse a 12" para usar el medidor magnético de diámetro completo. En cambio, el FPI Mag midió todo el rango del medidor Venturi y magnético de diámetro completo sin tener que reducir ni cambiar el sistema de tuberías. El FPI Mag permite a los operadores usar el medidor donde lo necesiten sin tener que modificar el sistema de tuberías. Por la facilidad de instalación documentada en el estudio de casos de McCrometer 30121-00 Rev. 1.0 – *El medidor de flujo magnético de nueva generación ayuda a Davidson con el agua no facturada*, y las pruebas aquí presentadas, el medidor FPI Mag es la nueva generación en soluciones de medición del flujo de agua.

[Más información](#)

## Anexo

### Precisión de las mediciones:

Al evaluar la precisión de un medidor de flujo, debemos considerar la incertidumbre del medidor y del sistema que calcula la velocidad de flujo real. Las velocidades de flujo de moderadas a altas registradas por el FPI Mag se compararon con las registradas por un medidor de flujo Venturi de 30" de referencia del laboratorio USWRL. Los modelos Venturi son medidores de flujo tipo presión diferencial. Los medidores de flujos tipo presión diferencial (DP) usan una caída de presión en el elemento principal para determinar una velocidad de flujo volumétrica. La incertidumbre indicada del medidor de flujo Venturi de referencia es de un +/-0,25 % de la velocidad de flujo.

Para los flujos lentos, el FPI Mag de 30" se comparó con la velocidad de flujo de un medidor magnético de diámetro completo tradicional. La precisión indicada del modelo magnético de diámetro completo es de un +/-0,15 % de la velocidad de flujo.

Con el método de raíz-suma-cuadrada, calculamos la incertidumbre total de la medición de prueba:

Incertidumbre del dispositivo	Velocidad	
	0,3 ft/s a 1 ft/s	> 1 ft/s
Magnético de diámetro completo	+/- 0,15 %	---
Venturi	---	+/- 0,25 %
FPI Mag	+/- 1,0 %	+/- 0,5 %
Incertidumbre de prueba total	+/- 1,12 %	+/- 0,71 %

Tabla 2: Incertidumbre del sistema de prueba FPI Mag de 30"