



RED NACIONAL DE METROLOGIA

**UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES NACIONALES
MAGNITUD FLUJO LÍQUIDO**

INFORME B INTER-COMPARACION NACIONAL

FL-18

**ENSAYO DE APTITUD – CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO
ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO DN100**

Año 2018

PROGRAMA

- 1. Introducción**
- 2. Nombre del Programa**
- 3. Objetivo**
- 4. Manejo de la información**
- 5. Alcance instrumento a calibrar**
- 6. Generalidades de la intercomparación**
- 7. Generalidades procedimiento de Calibración de Flujómetro Tipo Electromagnético en Ducto Cerrado DN100**
- 8. Presentación de resultados**
- 9. Evaluación Estadística**
- 10. Resultados de la Intercomparación, comentarios y conclusiones**

COMPARACION NACIONAL DE FLUJO LÍQUIDO – ENSAYO DE APTITUD

CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO

CERRADO DN100

El presente informe tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos en la Comparación Nacional de Flujo Líquido año 2018, correspondiente al Ensayo de Aptitud Calibración de Flujómetro tipo Electromagnético en ducto cerrado, denominada con el código FL-18. Participaron en este ejercicio sólo 01 laboratorio (FL-18) y Calibraciones Industriales S.A. (CISA), el cual fue el laboratorio piloto (LP).

1.- INTRODUCCION

La magnitud flujo líquido está asignada al Laboratorio Referencia Nacional de Flujo Líquido, a cargo de Calibraciones Industriales S.A., integrante de la Red Nacional de Metrología coordinada por el INN, este laboratorio está encargado de la diseminación correcta de esta magnitud y dar a la cadena de trazabilidad los niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades del país.

Esta actividad se inserta en el compromiso de los Laboratorios Designados – LD - [Custodios de los Patrones Nacionales] de distintas magnitudes, integrantes de la Red Nacional de Metrología [RNM], en cuanto a organizar inter-comparaciones [Ensayos de Aptitud] a nivel nacional. El INN tiene delegadas por el MINECON las funciones de coordinación y supervisión de la RNM.

El objetivo principal de un ensayo de aptitud es proveer una herramienta de aseguramiento de la calidad, consistente en que cada laboratorio pueda comparar su desempeño con el de otros laboratorios similares, lo que permite verificar deficiencias y aplicar en consecuencia las necesarias acciones correctivas y lograr mejoras. Durante la evaluación para la acreditación, cada laboratorio debe demostrar su competencia de acuerdo con la norma NCh-ISO 17025. Of 2017 Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo, esta actividad está orientada a laboratorios de ensayos y calibración, proveedores de flujómetros, los que realizan la calibración de flujómetros electromagnético en ducto cerrado.

En el marco de funcionamiento de la red, se realizará una comparación con el fin de estimar los niveles de concordancia para la realización de la “**CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO DN100**”.

Este documento presenta los lineamientos generales y procedimiento para la realización de esta actividad.

2. NOMBRE DEL PROGRAMA

Intercomparación Nacional “Ensayo de Aptitud - **CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO DN100**”

3. OBJETIVO

Conocer la capacidad de medición en la magnitud flujo líquido/volumen de los proveedores de calibración de flujómetros / laboratorios de calibración y ensayo, en adelante "Participantes". La que se conocerá mediante la comparación de los niveles de error e incertidumbres determinados en el ejercicio. El LD-FL, en adelante será llamado "Laboratorio Piloto".

4. MANEJO DE LA INFORMACION

Acorde con los principios de funcionamiento de las rondas de intercomparación establecidos en la NCh-ISO 17043:2011 "Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los ensayos de aptitud", los resultados obtenidos por cada participante serán **anónimos**, para cuyos efectos el coordinador procederá a asignar a cada laboratorio un código que sólo será conocido por el participante y el coordinador.

El/Los participantes enviaron al coordinador sus resultados, identificándose sólo con el código asignado, y serán consolidados por éste en una carpeta electrónica que enviará al Laboratorio Piloto. Los resultados individuales de cada laboratorio, serán comunicados en forma individual, sin embargo, tanto el nombre de los participantes como los resultados globales, serán de conocimiento público.

5. ALCANCE, INSTRUMENTO A CALIBRAR.

En esta comparación participaron proveedores de flujómetros, laboratorios de ensayo y calibración acreditados o en vías de acreditación por INN y el Laboratorio Piloto. El instrumento medido en la comparación, en adelante **MUT**, es el que a continuación se individualiza:

- Descripción : Flujómetro Electromagnético Compacto
- Marca : Siemens
- Modelo : Sx: Sitrans FM MAG 5100W - Tx: Sitrans FM MAG 6000
- Serie : Sx: 244002H314 / Tx: N1E7250154
- DN : DN100 / NPS 4"0, ANSI 150
- Rango a calibrar : 15 m³/h a 50 m³/h
- Puntos calibración: 200, 150, 100, 50 y 20 m³/h (5 repeticiones por cada punto de calibración)



Foto 1: Vista frontal flujómetro



Foto 2: Detalle de la placa del transmisor



Foto 3: Vista lateral del MUT

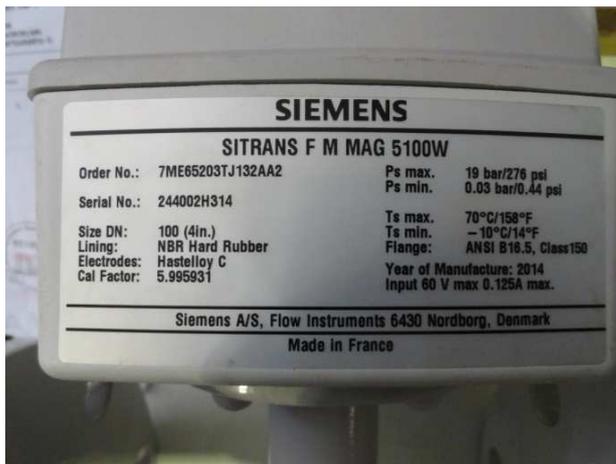


Foto 4: Detalle de placa del sensor

Notas:

- Las pruebas fueron realizadas usando agua potable fría.
- El flujómetro (**MUT**) es propiedad del Laboratorio Piloto (LP).

6. GENERALIDADES DE LA INTERCOMPARACIÓN

El objeto de comparación fue trasladado vía transporte convencional y embalado apropiadamente

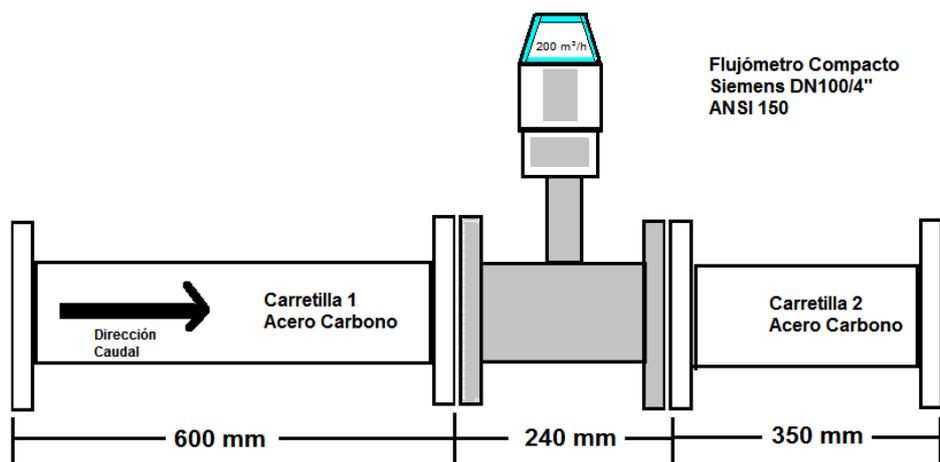


Foto 5: Vista carretillas



Foto 6: Vista flujómetro embalado

“Carretillas”: son tuberías agua arriba y aguas abajo enviadas por el LP, para ser conectadas al del flujómetro MUT, lo anterior es para evitar problemas con la diferencias en el diámetro interior de tuberías y afecte el perfil de caudal.



a) Patrón de calibración (**MP**): Sistema de Medición o Banco de Calibración Gravimétrico o Comparativo (Master Meter: Coriolis, Electromagnético, Turbina) o cualquier sistema de calibración que sea demostrable su trazabilidad por medio de un Certificado de Calibración. (**MP**)

b) Sistema de adquisición de datos capaz de poder recolectar los pulsos del **MUT**

Nota: Ninguno de los participantes tenía un sistema para recolectar pulsos del MUT

c) Sensor de temperatura y presión para tomar la temperatura de la línea y presión de prueba o circuito de agua (**MP y MUT**).

d) Cronómetro u otro sistema similar para registrar el tiempo de la prueba.

e) Condiciones ambientales: Deben indicarse las condiciones del recinto o el Laboratorio en las cuales se realizan las pruebas (Máximas y mínimas en Temperatura ambiente y Humedad Relativa).

Las actividades relacionadas con la intercomparación tuvieron los siguientes lineamientos para su realización:

La coordinación será asumida por la Unidad de Coordinación y Supervisión de la RNM del INN, a través del Sr. Gerardo González, teléfono (2) 2445 8831, e-mail: gerardo.gonzalez@inn.cl, quién asignará a cada participante un código, que será conocido sólo por ambos.

El Coordinador realizará las siguientes funciones:

- Recopilar los resultados obtenidos por los participantes de la intercomparación y los enviará al Laboratorio Piloto, para su análisis.
- Entregar a los participantes el informe de la intercomparación preparado por el Laboratorio Piloto.

El LD-FL [Laboratorio de Referencia] en donde el MUT fue calibrado inicialmente, es el Laboratorio Designado como el Patrón Nacional de la Magnitud Flujo Líquido [LD-FL], (Laboratorio Piloto, LP), teléfono (57) 2422750; (57) 2410024; El Jefe del Laboratorio Designado y responsable técnico de esta intercomparación, es la Srta. Jeny Vargas Angel. e-mail: j.vargas@ci-sa.com

- El **MUT** fue suministrado por el Laboratorio Piloto y fue calibrado por éste al inicio y término de la intercomparación. El transporte del instrumento, según el programa y ruta establecida, fue de cargo y responsabilidad de cada participante.
- El **MUT** fue calibrado en cinco puntos; **200 m³/h, 150 m³/h, 100 m³/h, 50 m³/h y 20 m³/h**. Por cada punto de calibración se realizaron 5 repeticiones; ver Instructivo Anexo IV.
- El Laboratorio Piloto fue el encargado de analizar los resultados de la comparación, los que posteriormente fueron enviados al Coordinador (INN).
- El laboratorio participante nombró a la persona que fue responsable de la intercomparación en su institución.
- El **MUT** no sufrió daño alguno durante la intercomparación.

Tabla 1: Cronograma

N°	Laboratorio	Fecha Programada	Fecha Ensayo
1	Piloto	08 al 12 Oct 2018	12 Dic 2018
2	Participante	15 al 19 Oct 2018	28 Dic 2018
3	Piloto	29 Oct al 2 Nov 2018	15 Ene 2019

Tabla 1: Cronograma

Nota: Se produjeron retrasos a las fechas propuestas debido a que no había interesados en participar en el ejercicio en las fechas programadas.

7.- **GENERALIDADES, PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO DN100**

El **MUT** de la comparación fue tratado en su totalidad como un flujómetro electromagnético compacto.

La instalación del **MUT** en la línea de prueba debe satisfacer los requerimientos especificados en el Anexo IV, VIII - A y VIII - B

Se debe asegurar que el todo el sistema de medición (**MP + MUT + Accesorios**) deben ser instalados en la posición recomendada por el fabricante, purgando durante su instalación el aire existente en tuberías y sistema de medición.

La temperatura de referencia para las mediciones serán las condiciones existentes al momento de la medición y éstas deben ser registradas; máximas y mínimas en temperatura (°C) y % humedad relativa.

La manipulación del **MUT** y **MP** debe ser realizada cuidando en todo momento la integridad de los equipos.

Los laboratorios se deben limitar a realizar la calibración de acuerdo a sus procedimientos internos en el marco de la acreditación bajo la NCh-ISO-17025.

Además, en el marco de la instrucción anterior, se debió tener especialmente presente:

- La instalación del equipo en la línea de prueba debió satisfacer los requerimientos especificados por el fabricante; para ello el piloto dispondrá

las carretillas aguas arriba y agua abajo del flujómetro. Se adjuntó manual del fabricante.

- Las mediciones fueron ejecutadas después de un periodo de ambientación mínimo de 30 minutos (agua recirculando a través del flujómetro).

El informe de los resultados se realizó en el formato del Anexo VI del protocolo.

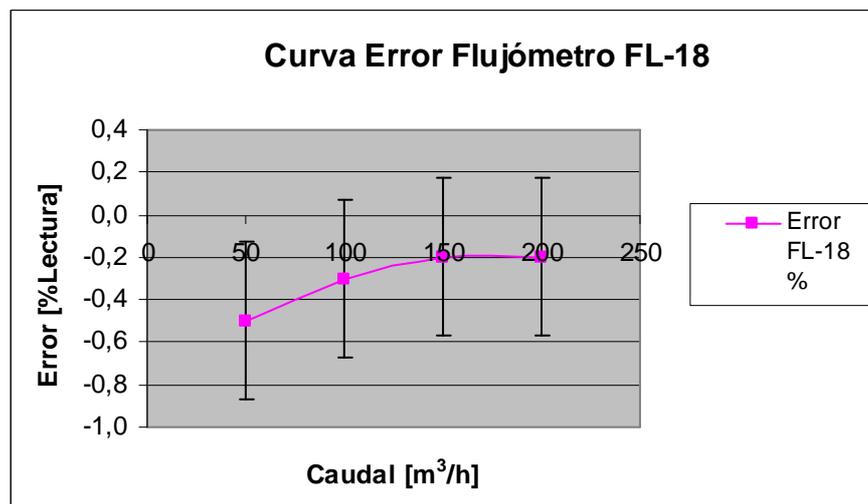
Formato anexo VI: “Certificado de Calibración”, se deben indicar los errores promedios e incertidumbre por cada prueba de caudal. Los participantes realizarán los cálculos de error acuerdo al Anexo V (sugerido) y tomando como referencia la forma de cálculo de incertidumbre sugerida del Anexo VII del protocolo. Estas planillas **fueron** entregadas para revisión de cálculos del participante en formato Excel.

8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

8.1 Resultados enviados por el participante FL-18

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	200	-0,2	0,37
2	150	-0,2	0,37
3	100	-0,3	0,37
4	50	-0,5	0,37
5	20	s/r	s/r

Tabla 2: Participante no presenta resultados para 20 m³/h.



8.2 Resultados del laboratorio Piloto (LP)

Calibración del Patrón Viajero al comienzo de la Ronda

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	200	+0,55	0,18
2	150	+0,44	0,23
3	100	+0,56	0,15
4	50	+0,34	0,15
5	20	+0,43	0,15

Tabla 3

Calibración del Patrón Viajero al final de la Ronda

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	200	+0,49	0,25
2	150	+0,32	0,25
3	100	+0,50	0,25
4	50	+0,34	0,25
5	20	+0,35	0,25

Tabla 4

Nota: Se detecta una pequeña deriva del patrón entre la calibración inicial y final. Se consideró este comportamiento en el segundo cálculo de incertidumbre (efecto de deriva en el flujómetro). El error normalizado se encuentra <1 (Tabla 6), por tanto son comparables y satisfactorias las pruebas al inicio y fin de la ronda por parte del Piloto.

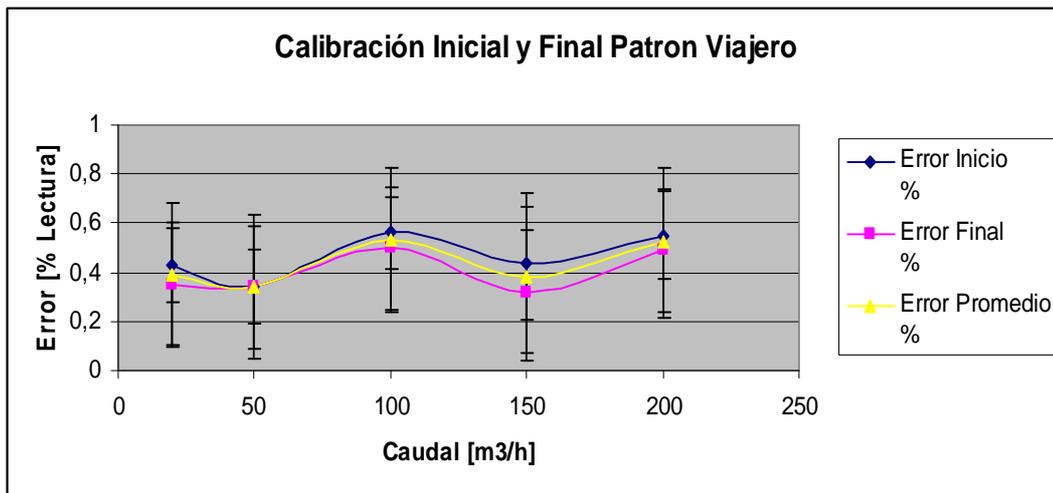
Error e Incertidumbre Final del Laboratorio Piloto

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	200	+0,52	0,31
2	150	+0,38	0,34
3	100	+0,53	0,29
4	50	+0,34	0,29
5	20	+0,39	0,29

Tabla 5

Caudal Referencia m ³ /h	En
200	0,19
150	0,35
100	0,21
50	0,00
20	0,27

Tabla 6: Error Normalizado $|En| < 1,0$ (desempeño satisfactorio) entre la Calibración Inicial y Final del Patrón Viajero por el LP



8.4 Cálculo de Incertidumbre

Incertidumbre: Resultado de la evaluación, que tiene por objeto la caracterización de un intervalo dentro del cual se estima que se encuentra el valor real del mensurando, generalmente con una probabilidad dada.

Para el cálculo de la incertidumbre, se sugiere como mínimo considerar las siguientes contribuciones:

- Incertidumbre por desvío estándar del Error del MUT (u_A)
- Incertidumbre del MP, (u_{MP})
- Incertidumbre de la resolución del MP (u_{Res_MP})
- Incertidumbre de la resolución del MUT (u_{Res_MUT})

$$U_T (\%) = 2 \cdot \sqrt{(u_A)^2 + (u_{Res_MUT})^2 + (u_{Res_MP})^2 + (u_{MP})^2}$$

Expresión Incertidumbre desvío estándar del Error de MUT (%)

$$\text{Media: } \bar{x}(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{Desvío Estándar: } s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

La incertidumbre estándar debido a efectos aleatorios es entonces

$$u_A = \frac{s(x)}{n} = s(\bar{x})$$

Expresión Incertidumbre de la Resolución del MUT (%)

$$u_{Res_MUT}(\%) = \frac{Res_{MUT}}{2 \cdot \sqrt{3}} * \frac{100}{V_{MUT}}$$

Dónde:

$u_{Res_MUT}(\%)$: Incertidumbre debida de la resolución del MUT (%)

V_{MUT} : Volumen acumulado por el MUT (en m³)

Res_{MUT} : Resolución adoptada del MUT (0,0001 m³)

Expresión Incertidumbre de la Resolución del MP (%)

$$u_{Res_MP}(\%) = \frac{Res_{MP}}{2 \cdot \sqrt{3}} * \frac{100}{V_{MP}}$$

Dónde:

$u_{Res_MP}(\%)$: Incertidumbre debida de la resolución del MP (%)

V_{MP} : Volumen acumulado por el MP

Res_{MP} : Resolución adoptada del MP

Expresión Incertidumbre del MP (%)

$$u_{MP}(\%) = \frac{U_{MP}}{k}$$

Dónde:

$u_{MP}(\%)$: Incertidumbre del Patrón utilizado; dato de certificado de calibración

$k = 2$ (Factor de cobertura al 95%)

Expresión Incertidumbre combinada y expandida U_T (%)

$$U_T(\%) = 2 \cdot \sqrt{(u_A)^2 + (u_{Res_MUT})^2 + (u_{Res_MP})^2 + (u_{MP})^2}$$

Dónde:

U_T : Incertidumbre combinada y expandida

Nota:

Si el laboratorio de acuerdo a su sistema de calibración/ tipo de medidor patrón y sus procedimientos, considera necesario incorporar otras fuentes de incertidumbres, entonces éstas deben quedar incorporadas a los cálculos.

8.5 Resultados cálculo de error e incertidumbre del participante FL-18

Cálculos de Error

- De la revisión de las planillas enviadas por el participante FL-18, se observa que, independiente del resultado, la fórmula del cálculo del error del MUT fue usada en forma correcta en el ejercicio:

$$E = \left(\frac{\bar{q}_{MUT} - \bar{q}_{MP}}{\bar{q}_{MP}} \right) \cdot 100\%$$

- Se observa que utilizó en forma correcta la corrección de los errores del certificado de calibración del Patrón utilizado (E+H, Promag 50W DN150, Cert DAkkS 962).
- La temperatura del agua de las pruebas realizadas por el participante FL-18, estuvieron alrededor de los $21,5^{\circ}\text{C} \pm 1$ y del Lab. Piloto fue de alrededor de los $21,05 \pm 0,22$ °C; aún cuando los flujómetros de tipo electromagnético son insensibles al efecto de la temperatura, por tanto la conductividad del agua puede ser afectada por esta variación; no es caso para el ejercicio.

Cálculo de Incertidumbre

- Respecto a los cálculos de incertidumbre no se detectaron errores en las formulas aplicadas.
- Se consideraron los aportes de la resolución del Patrón y del MUT en la incertidumbre en unidades de Caudal (m^3/h).
- El participante indica que el aporte de la resolución del Patrón y del MUT viajero en la incertidumbre son respectivamente $0,01 \text{ m}^3/\text{h}$ y $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$; de lo anterior no queda claro si tomaron la lectura directa del caudal ($X,XX \text{ m}^3/\text{h}$ y $Y,Y \text{ m}^3/\text{h}$) o se tomaron desde el acumulador ($x,xxxx \text{ m}^3$) del display/visor del Patrón y del MUT viajero.
- Del certificado de calibración del Patrón usado, se observa que usó en forma correcta los datos de la incertidumbre (E+H, Promag 50W DN150, Cert DAkkS 962).
- Se consideró el desvío estándar de la variabilidad del %error de las mediciones en cada punto como contribución en la incertidumbre.

9 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Una manera para evaluar el desempeño de los laboratorios participantes, es mediante el uso del error normalizado, cuyo criterio se especifica en la NCh-ISO 17043 Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud.

El error normalizado es calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_n = \frac{|x - X|}{\sqrt{U_{LAB}^2 + U_{REF}^2}}$$

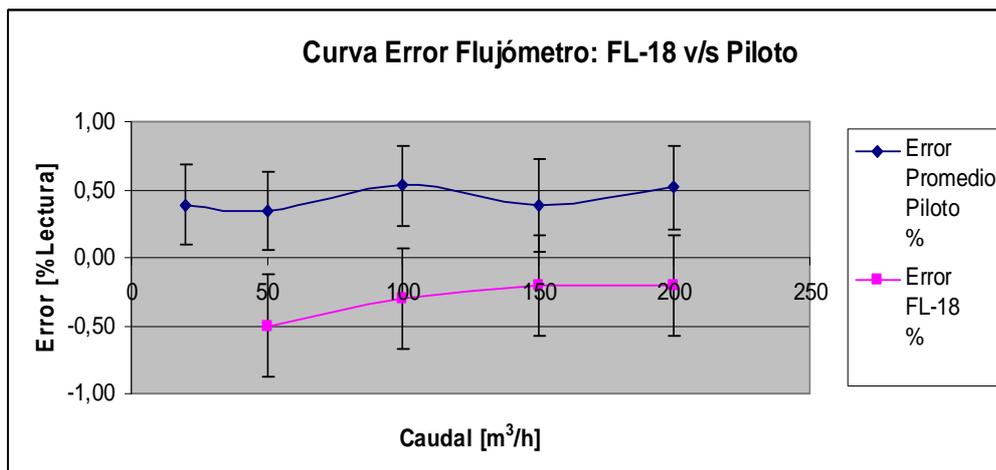
E_n : Error Normalizado
 x : Resultado del participante.
 X : Valor asignado.
 U_{LAB} : Incertidumbre expandida del resultado del laboratorio participante.
 U_{REF} : Incertidumbre expandida del valor asignado del laboratorio de referencia.

Dónde:

- $|E_n| < 1,0$: desempeño satisfactorio, no genera acción.
- $|E_n| = 1,0$: desempeño cuestionable, genera acción preventiva.
- $|E_n| > 1,0$: desempeño insatisfactorio, genera acción correctiva.

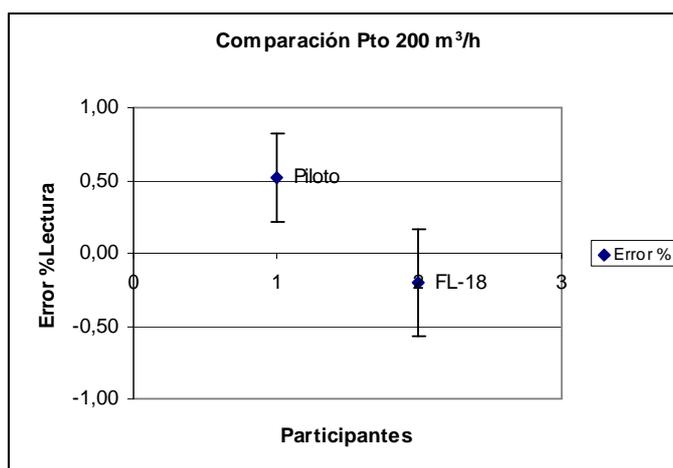
9.1 Resultados de la evaluación estadística, de acuerdo a los resultados entregados por el participante FL-18:

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio Piloto %	Error Promedio FL-18 %	Incert. Piloto ±%	Incert FL-18 ±%	En	Evaluación
1	200	0,52	-0,2	0,31	0,370	1,50	Insatisfactorio
2	150	0,38	-0,2	0,34	0,370	1,15	Insatisfactorio
3	100	0,53	-0,3	0,29	0,370	1,76	Insatisfactorio
4	50	0,34	-0,5	0,29	0,370	1,78	Insatisfactorio
5	20	0,39	s/r	0,29	s/r		No reporta resultados



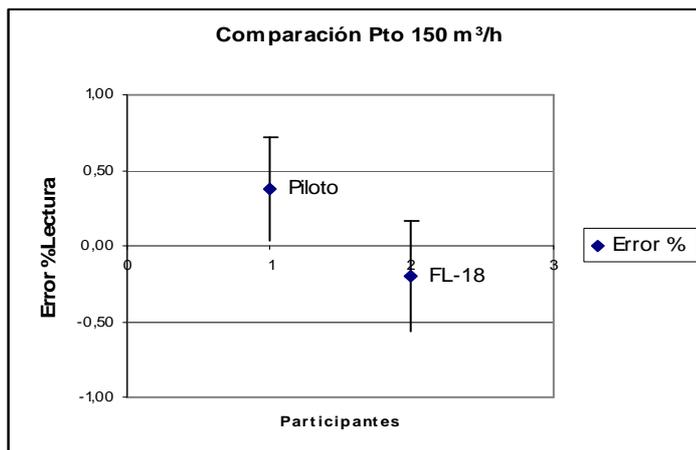
PUNTO 200 m³/h

	Laboratorio	Error %	Incert ±%	En
1	Piloto	0,52	0,31	
2	FL-18	-0,20	0,37	1,50



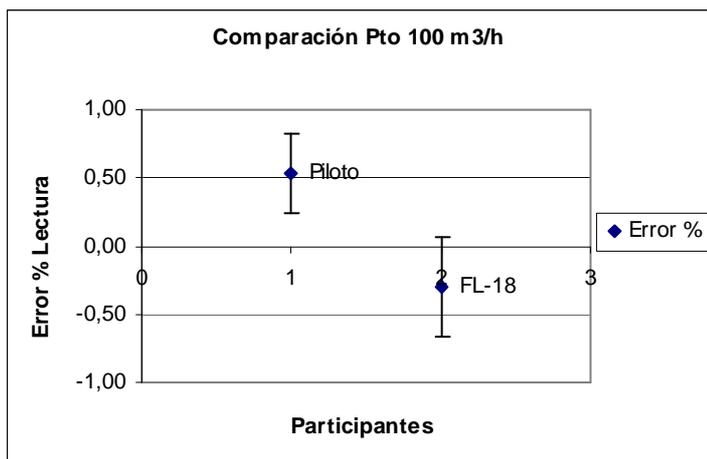
PUNTO 150 m³/h

	Laboratorio	Error %	Incert ±%	En
1	Piloto	0,38	0,34	
2	FL-18	-0,20	0,37	1,15



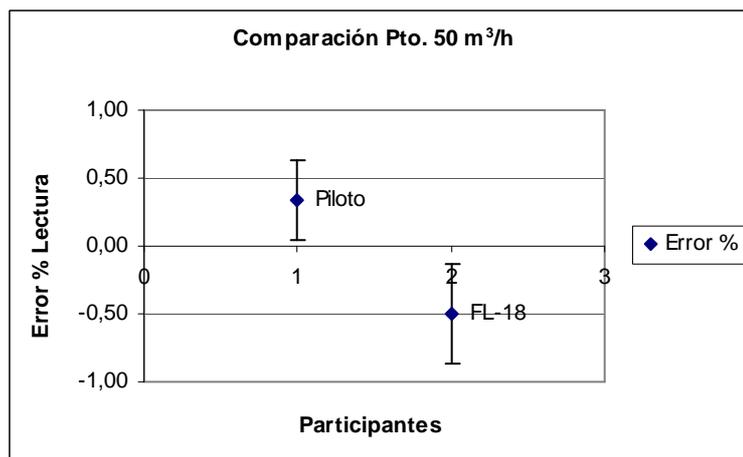
PUNTO 100 m³/h

	Laboratorio	Error %	Incert ±%	En
1	Piloto	0,53	0,29	
2	FL-18	-0,30	0,37	1,76



PUNTO 50 m³/h

	Laboratorio	Error %	Incert ±%	En
1	Piloto	0,34	0,29	
2	FL-18	-0,50	0,37	1,78



PUNTO 20 m³/h

	Laboratorio	Error %	Incert ±%	En
1	Piloto	0,39	0,29	
2	FL-18	s/r	s/r	n/a

No se analiza porque no hay resultados (s/r: Sin resultados)

10 RESULTADOS DE LA INTERCOMPARACIÓN, COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

- Se detecta una pequeña variación en el error del caudal del Patrón Viajero (MUT) en todos los puntos del rango de promedio ($\pm 0,064\%$), por lo anterior se incorpora esta variabilidad en el aporte de incertidumbre del MUT de prueba.
- El participante **FL-18** cubrió solo el rango de calibración entre 50 a 200 m³/h de la intercomparación; no se entregaron resultados para el punto de caudal 20 m³/h.
- De los 4 puntos de calibración comparados, el participante **FL-18** obtiene 4 resultados “**Insatisfactorios**”.
- El participante **FL-18** envió sus planillas de datos con los cálculos respectivos; con esta información se pudo chequear la forma de tratamiento de los datos de la calibración; tal como lecturas del MP y MUT en m³/h, correcciones, cálculo del caudal por intermedio de la lectura del acumulador de volumen (m³) del Patrón y del MUT, cálculo del error relativo (%), cálculo de los promedios y desvío estándar e incertidumbres respectivas.

Se recomienda:

- Reevaluar los cálculos relacionados al aporte de la resolución del Patrón y del MUT; si se está utilizando el volumen en m³ y el tiempo para calcular caudal en m³/h, entonces la resolución a utilizar debe ser en m³.
- Evaluar si el sistema de inicio y término (Star/Stop) de las pruebas pueda estar incidiendo en acumular/recolectar más o menos volumen (m³).

Observaciones:

- A los flujómetros de tipo electromagnético les afecta en demasía el perfil de velocidad; lo ideal es que fuera lo más simétrico o de forma de corchete (perpendicular al largo de la tubería), de manera que el módulo del vector velocidad sea igual en toda la transversal, lo anterior se logra con acondicionadores de caudal o disponiendo de tramos suficientes para asegurar las condiciones de instalación. Es por ello que en la intercomparación se entregan los tramos de tuberías aguas arriba y aguas debajo del flujómetro MUT, por tanto queda en consulta al laboratorio participante FL-18, si dispone de acondicionador de caudal en su flujómetro Patrón o si su patrón posee los tramos suficientes libres para evitar una deformación en el perfil de velocidad de flujo.