

Una de las funciones del INTI como Instituto Nacional de Metrología (INM) es la de realizar, reproducir y mantener los Patrones Nacionales de Medida, con trazabilidad al Sistema Internacional de unidades. Hoy en día en el Laboratorio de Caudalimetría de Gases, se realizan calibraciones y ensayos de medidores de caudal en base a: un dispositivo gravimétrico, una campana de medición y contadores volumétricos (de sello húmedo o rotativos tipo duo). Dichos ensayos y mediciones están principalmente vinculadas a la Industria del Gas Natural. Las Toberas Críticas son utilizadas internacionalmente

como patrones de trabajo. Las Toberas Críticas poseen diversas ventajas respecto de otros patrones de trabajo: no utilizan aceite (beneficio para la salud), no tienen partes móviles (menor desgaste) y su condición de flujo crítico limita el caudal de paso. En el Laboratorio de Caudalimetría de Gases se construyó un patrón de trabajo utilizando Toberas Críticas con trazabilidad a Patrones Nacionales. En el presente trabajo se describe el proceso de construcción y calibración de una rama de medición del nuevo patrón de trabajo, además se presentan los resultados y conclusiones de los ensayos realizados.

1 | Introducción

Una Tobera Crítica es una cavidad convergente-divergente (ver Figura 1). En la misma se acelera el fluido gaseoso y bajo determinadas condiciones logra alcanzar la velocidad del sonido en la sección más angosta. De alcanzarse la velocidad del sonido, se establece la condición de flujo crítico. Es decir, a partir de dicha condición, el caudal se ve limitado y las condiciones termodinámicas aguas abajo de la tobera no influyen en el valor de caudal establecido.

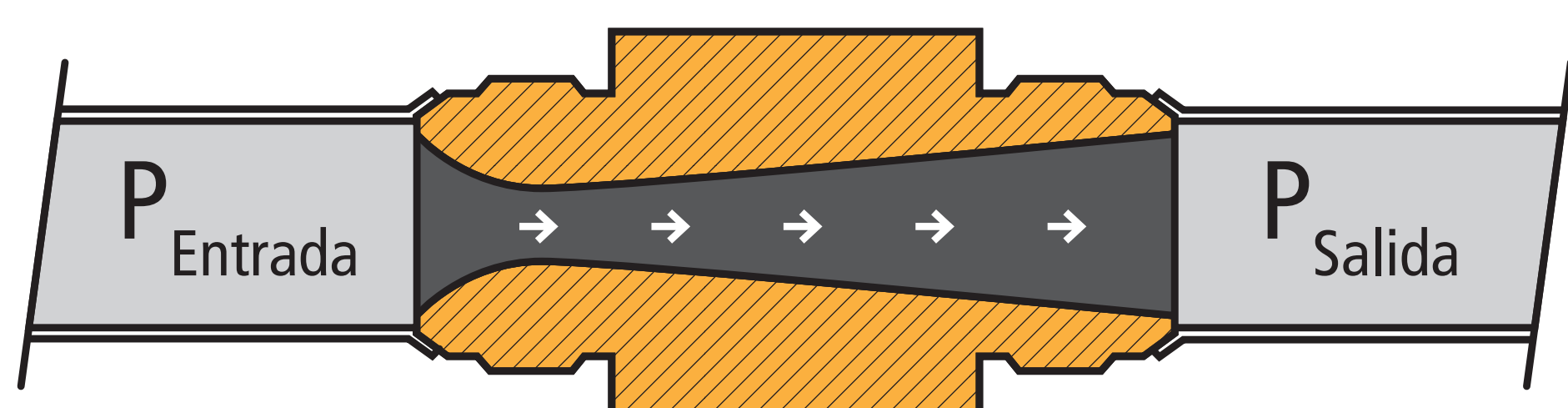


Figura 1. Corte de una Tobera Crítica.

Este comportamiento permite generar una condición de flujo crítico la cual establece un caudal determinado, que se utiliza para realizar calibraciones de medidores de volumen y de caudal.

2 | Construcción y método

Siguiendo las recomendaciones de la ISO 9300 [1], se construyó un banco de Toberas Críticas con una rama de medición, un conjunto portatoberas e instrumentación asociada que conforman un Sistema de Medición (SM). Bajo las sugerencias realizadas por el PTB - Alemania [2], el INTI ha desarrollado un SM que funciona realizando vacío a la salida (ver Figura 2). Otros SMs pueden funcionar con presión positiva en la entrada, es decir, el fluido gaseoso ingresa con una presión superior a la atmosférica. También es posible una combinación de ambos sistemas con presión positiva en la entrada y vacío en la salida, como utiliza el Laboratorio de Caudal del NIST - Estados Unidos. Esta configuración permite una mayor versatilidad en los ensayos, por ejemplo: Toberas Críticas en serie.

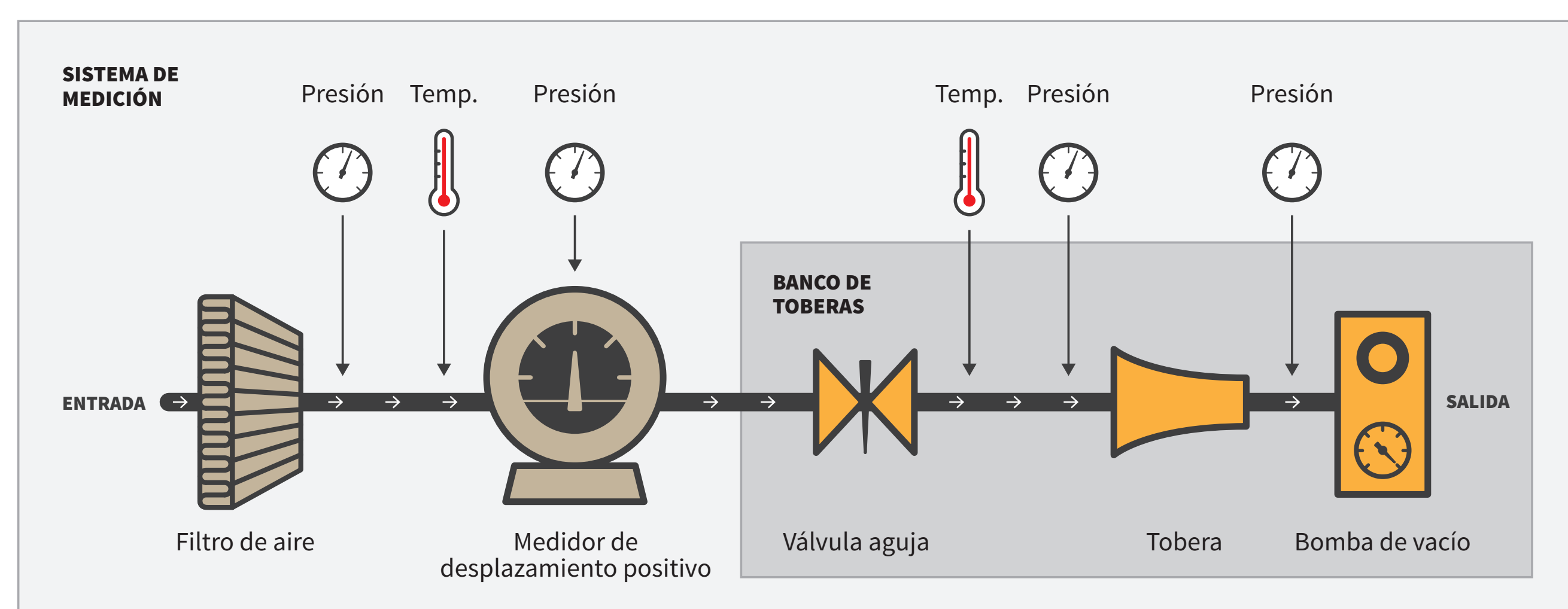


Figura 2. Esquema del Sistema de Medición y Banco de Toberas.

Trabajar con el esquema de la Figura 2 garantiza la condición de flujo crítico en la Tobera Crítica. Además, permite que los medidores a ensayar sean sometidos a presiones cercanas a la atmosférica. Esto es de suma utilidad para los ensayos de medidores de gas de diafragma, en especial para la aplicación del Reglamento según Resolución 20/2013 Secretaría de Comercio Interior (SCI).

La calibración y determinación de las constantes de las Toberas Críticas, se realizó en el Laboratorio de Caudal del NIST, utilizando su Patrón Primario: PVTt [3]. Las ecuaciones principalmente utilizadas, fueron las siguientes:

$$Cd = \frac{\dot{m}_{PVTt}}{\dot{m}_{th}} \quad \dot{m}_{th} = \frac{P_0 \text{Área } C^*}{\sqrt{\frac{R T_0}{M_{aire}}}} \quad Re_{th} = \frac{4 \dot{m}_{th}}{\pi d \mu_0}$$

Se pretende realizar una curva que relacione el Coeficiente de descarga (Cd) con el número Reynolds (Re), con el fin de caracterizar la Tobera Crítica. El gráfico también resulta de utilidad para realizar comparaciones entre ellas.

3 | Resultados

Dadas las características del Sistema de Medición del NIST, se pudieron realizar ensayos con las siguientes presiones de entrada: 800 hPa, 900 hPa, 1000 hPa, 1200 hPa, 1700 hPa, 2000 hPa y 3000 hPa. En INTI, dada la configuración utilizada se realizaron ensayos entorno a la presión atmosférica. Se muestran a continuación los gráficos Cd vs. $\sqrt{1/Re}$.

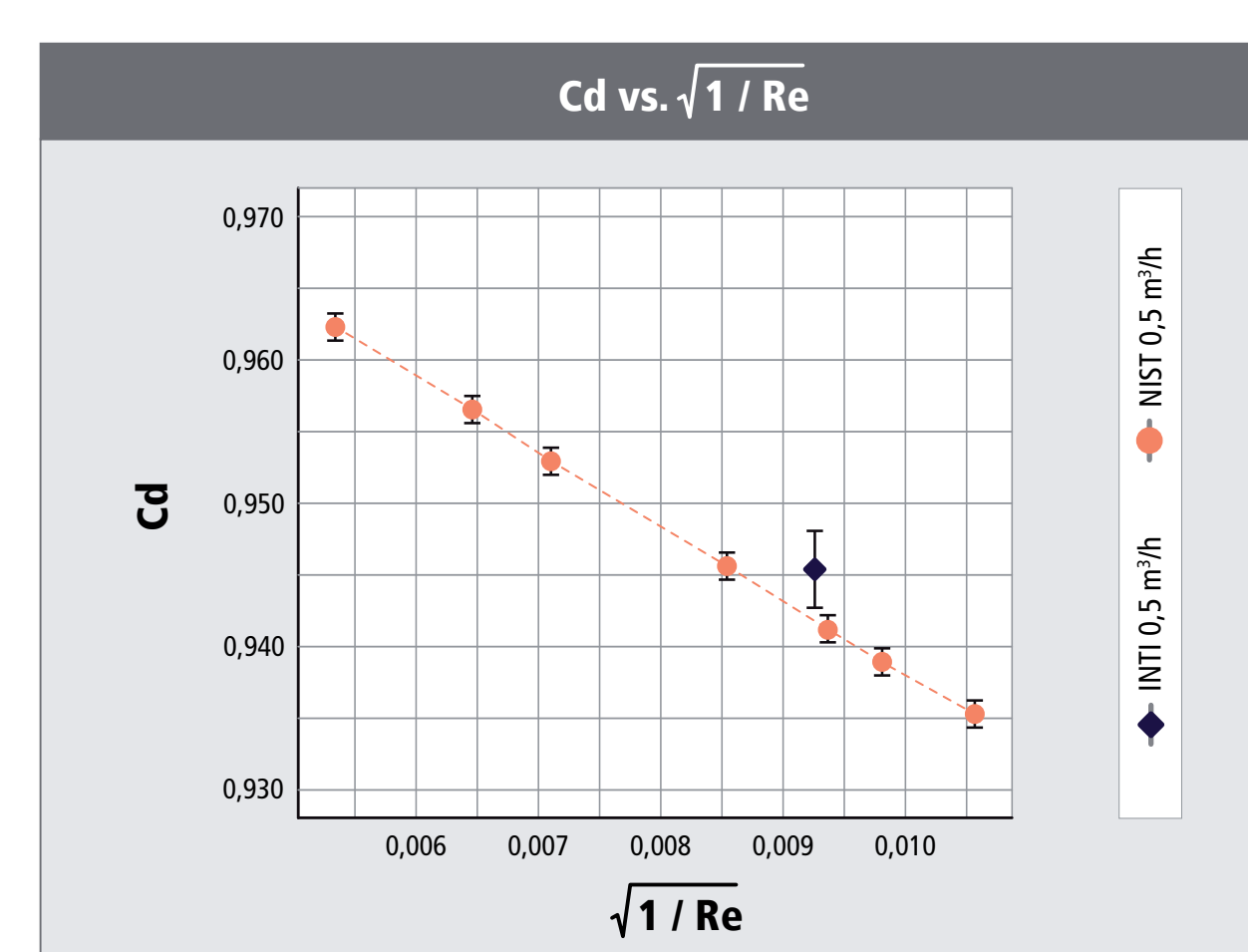


Figura 4. Tobera 0,5 m³/h (SN143).

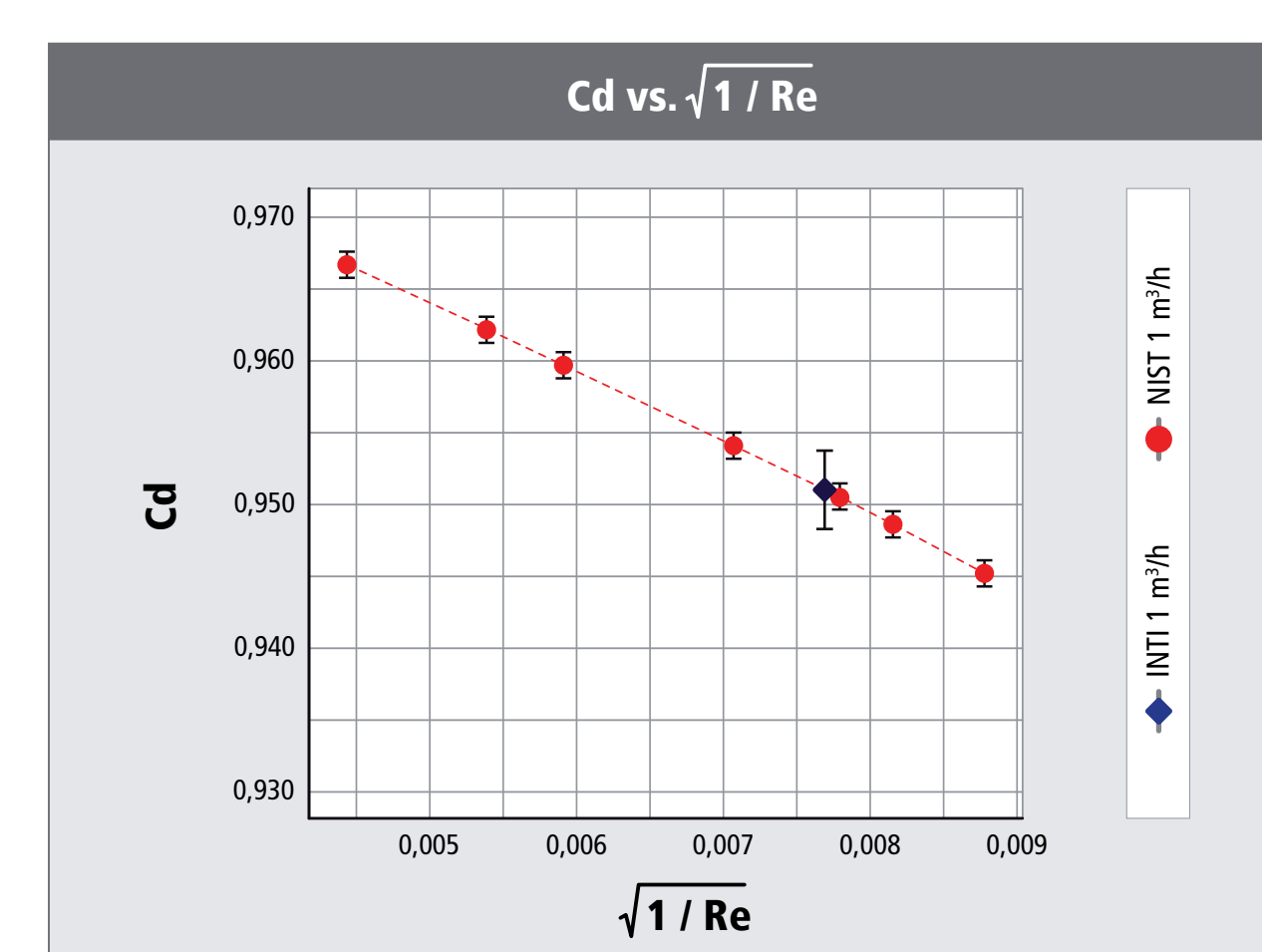


Figura 5. Tobera 1 m³/h (SN315).

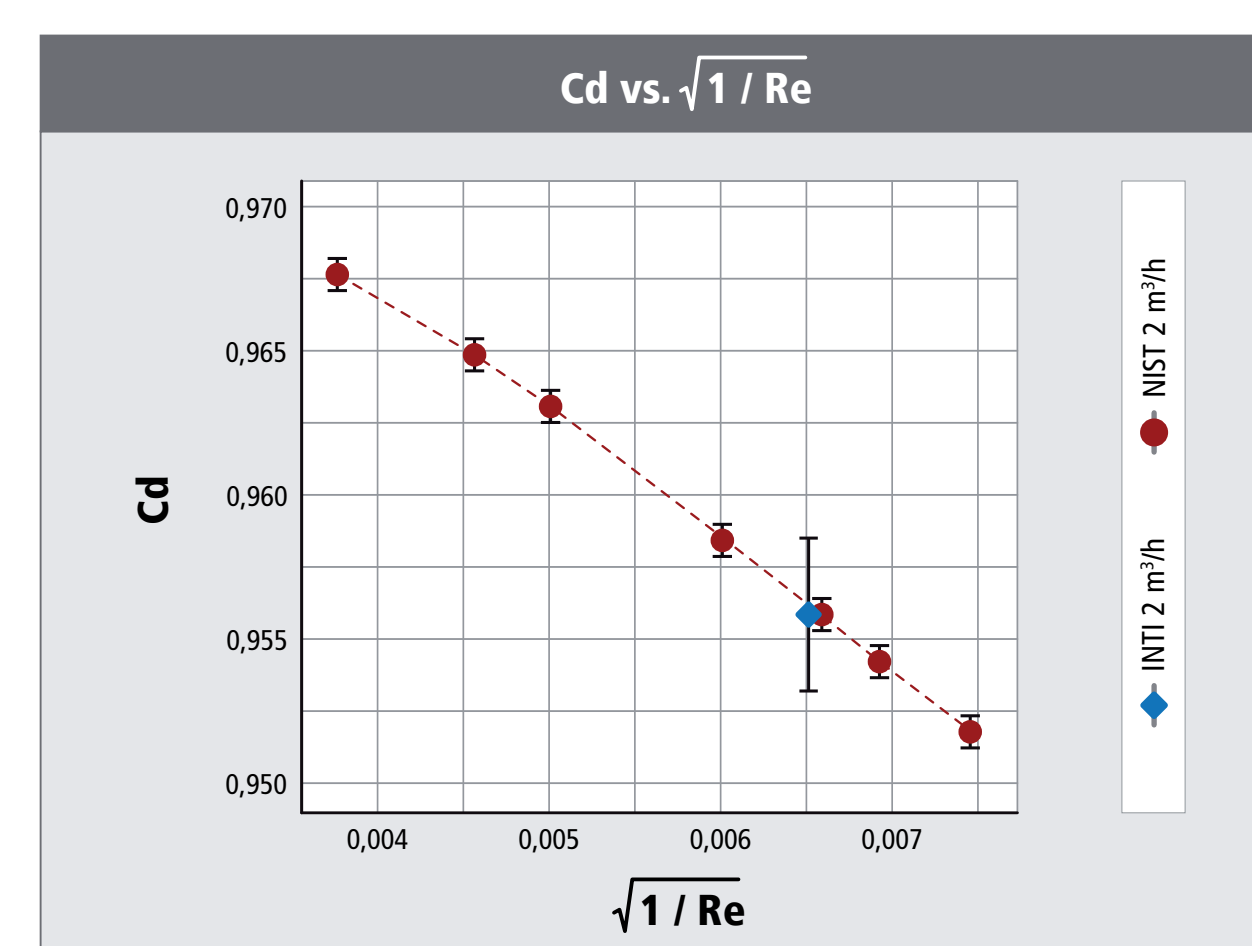


Figura 6. Tobera 2 m³/h (SN437).

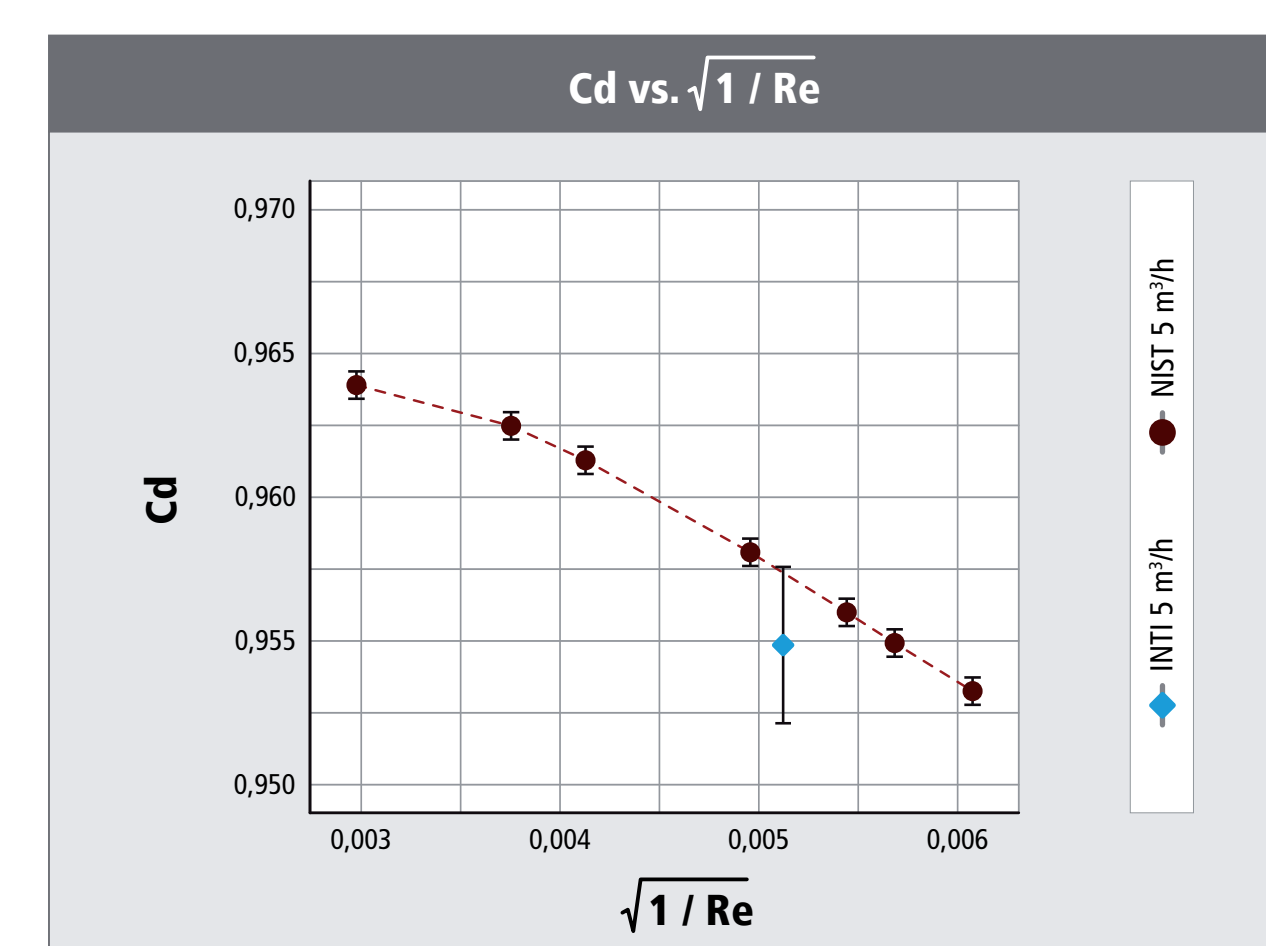


Figura 7. Tobera 5 m³/h (SN225).

Se observa una marcada linealidad para todos caudales, así como también que en los caudales de 1 m³/h y 2 m³/h los valores de error e incertidumbre acuerdan razonablemente con la calibración realizada en NIST.

4 | Conclusiones

El trabajo desarrollado permitió generar un patrón secundario de caudal. El mismo permite asegurar la calidad de las mediciones dentro del Laboratorio de Caudalimetría y además permite reforzar la cadena de trazabilidad y transferencia. Tanto la industria como la red de laboratorios del Servicio Argentino de Calibración (SAC) pueden verse beneficiados fácilmente debido a su simple implementación. Trabajos a futuro, pueden basarse en mitigar los errores encontrados en los caudales de 0,5 m³/h y 5 m³/h. Tomando como base este desarrollo se pueden diseñar más ramas que trabajen en paralelo y aumenten el rango de medición del Banco de Toberas.

5 | Referencias

- [1] ISO 9300:2005. Measurement of gas flow by means of critical flow Venturi nozzles.
- [2] PTB. Volume 25: Gas meters - Test rigs with critical nozzles. Wendt, G; Dietrich, H.; Jarosch, B.; Joest, R.; Natz, B.; Frössl, F.; Ruwe, M.
- [3] NIST. Special Publication (NIST SP) - 250-63. Gas Flowmeter Calibrations with the 34 L and 677 L PVTt Standards. John D. Wright, Aaron N. Johnson, Michael R. Moldover, Gina M. Kline.
- [4] Miller, R.W. (1983). Flow measurement engineering handbook. Chapter 13. United States: Instrument Society of America, Research Triangle Park, NC.