

CONGRESO ADIAT del AÑO 2000

“Tecnología y Valor Agregado: Oportunidades para México ante el Nuevo Milenio”

El Patrón Nacional para Flujo de Líquidos Innovación Tecnológica para el Fortalecimiento de la Industria Nacional

Ing. Dario Alejandro Loza Guerrero
Area Mecánica - División de Flujo y Volumen

CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA
km 4,5 carretera a Los Cués
Municipio del Marques. Querétaro, México

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización ha impulsado recientemente el desarrollo tecnológico en los diferentes campos de la metrología. La creación de los patrones nacionales de diferentes magnitudes no solamente conlleva ventajas competitivas para la industria nacional, sino que ha permitido la formación de recursos humanos especializados que mejoran constantemente los procesos de medición al innovar en este campo, lo que tiene un efecto fundamental sobre la sociedad y la economía mexicana.

El Centro Nacional de Metrología

Una de las principales metas del Gobierno Mexicano es la de incrementar la competitividad de la industria nacional a niveles internacionales, mediante el mejoramiento y control de la calidad de los productos y la modernización de la industria, asumiendo como prioridad la protección y restauración del medio ambiente, promoviendo los cambios en el régimen de normalización y el establecimiento del Centro Nacional de Metrología (CENAM).

Con el fin de apoyar el sistema metrológico nacional, el Centro Nacional de Metrología, CENAM fue creado como un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, de acuerdo al capítulo V artículo 29 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992, y sus reformas publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 1997.

La misión del CENAM es la de apoyar a los diversos sectores de la sociedad en la satisfacción de sus necesidades metrológicas presentes y futuras, estableciendo patrones nacionales de medición, desarrollando materiales de referencia y disseminando sus exactitudes por medio de servicios tecnológicos de la más alta calidad, para

incrementar la competitividad del país, contribuir al desarrollo sustentable y mejorar la calidad de vida de la población.

El Centro cuenta con una plantilla de 245 empleados, entre los que se cuentan 194 técnicos, ingenieros de alto nivel académico especializados en las diferentes ramas de la metrología, incluyendo 16 doctores y 35 maestros en ciencias, el cual ha recibido entrenamiento principalmente en los laboratorios nacionales de metrología de otros países.

El Centro Nacional de metrología ofrece los siguientes servicios:

1. Calibración de Instrumentos y Patrones de medición,
2. Desarrollo y Certificación de Materiales de Referencia,
3. Asesorías,
4. Capacitación en Metrología,
5. Proyectos de Desarrollo de Sistemas de Medición, y
6. La hora exacta.

En 1999 los ingresos del CENAM por la venta de servicios ascendieron aproximadamente a 24 millones de pesos. Se observa una tendencia creciente de recursos propios generada por la demanda del mercado.

El Plan Nacional de Desarrollo contempla como parte integral de una de sus líneas estratégicas la innovación y adaptación tecnológica. Por medio de centros de investigación como CIATEQ, Centro de Tecnología Avanzada, y a través de nuevas experiencias en la organización del trabajo y en formas de asociación novedosas para la producción; dedicando más recursos donde somos más eficientes, se promueve abiertamente la adopción de las tecnologías que más convengan al país, fomentando la creación de tecnología propia.

El Plan Nacional de Desarrollo destaca también que en ningún momento debe de perderse de vista que el destino final de estas acciones es elevar la calidad de vida de los mexicanos, el desarrollo del país y el respeto al medio ambiente.

El contexto económico de la nación y la coyuntura estructural que se gestó en la última década, El Plan Nacional de desarrollo y los lineamientos establecidos en la Ley Federal de Metrología y Normalización, permitió el establecimiento de los patrones nacionales de medición y la oferta de servicios confiables de calibración a través del desarrollo, la innovación y/o la adaptación de tecnología, y la mejora constante de los procesos de medición.

Sin duda, a pesar de la excelente calidad de los productos terminados producidos en México, nuestra economía y desarrollo se sustenta en nuestros recursos naturales. El petróleo, por ejemplo, es un recurso natural estratégico cuya importancia no se limita a las esferas económica y energética. Hablar del petróleo y la industria petrolera nacional es sinónimo de energía, materias primas, divisas, financiamiento y desarrollo.

El Patrón Nacional para Flujo de Líquidos

Proyecto de Desarrollo Científico y Tecnológico

Actores principales

El Patrón Nacional de Flujo para Líquidos fue concebido y diseñado por el CENAM, el diseño de detalle y la fabricación fueron realizados por el CIATEQ. En todas las etapas se trató de revisar el diseño y enriquecerlo con las recomendaciones del National Institute of Standards and Technology (NIST) de E.U.A. y del Physikalische Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania. Con una visión estratégica se impulsó la participación de dos instituciones de investigación y desarrollo tecnológico con diferentes vocaciones reuniendo a dos grupos de especialistas: El CENAM, especializado en mediciones de alta exactitud de las magnitudes físicas y CIATEQ, en el campo de la aplicación de tecnología avanzada. Esta realización puso de manifiesto, una vez más, la capacidad de los ingenieros y técnicos mexicanos para adoptar e innovar en el diseño, la fabricación y el desarrollo de proyectos de gran importancia.

El sistema de medición de flujo de líquidos establecido por el Centro Nacional de Metrología que ha sido declarado como Patrón Nacional para Flujo de Líquidos por el Gobierno Federal, establece una referencia para mejorar la exactitud y dar confiabilidad a las mediciones de flujo de líquidos en nuestro país.

La importancia del Patrón Nacional para Flujo de Líquidos puede valorarse por su importancia económica para industrias tales como la del petróleo, eléctrica (generación), alimentos y bebidas, lechera, cervecera, farmacéutica, petroquímica, siderúrgica, celulosa y del papel, entre otras.

Características del Patrón Nacional de Flujo de Líquidos:

El patrón nacional para flujo de líquidos se fundamenta en el pesado estático de la masa colectada de líquido, la cantidad de líquido colectada por unidad de tiempo es determinada gravimétricamente para obtener el flujo másico. El flujo volumétrico que pasa a través de un área de sección transversal en un intervalo de tiempo definido se determina mediante la densidad del líquido.

- La incertidumbre relativa del sistema es $\pm 0,05\%$ para flujo másico y $\pm 0,1\%$ para flujo volumétrico con un nivel de confianza aproximado del 95%.
- El patrón nacional para flujo de líquidos cubre un alcance de 40 L/min a 12 000 L/min.
- Líquido de trabajo: agua.
- Alcance de presión de trabajo de 0,16 MPa a 1 MPa.
- Material en contacto con el fluido: acero inoxidable para evitar la corrosión.

El patrón está constituido por los siguientes subsistemas:

1. Sistema de bombeo formado por dos bombas verticales tipo turbina de 260 kW y 45 kW que son controladas por un variador de frecuencia que permite obtener los flujos deseados a la máxima eficiencia de las bombas.
2. Secciones de prueba con longitudes de tubería recta hasta 45 m de largo con el objeto de lograr flujos turbulentos completamente desarrollados, con tamaños de tubería desde 25 mm hasta 200 mm.
3. Un sistema de medición de flujo constituido por dos tanques de pesado montados sobre celdas de carga con capacidad de 1 500 kg y 10 000 kg.
4. Sistema de conducción de flujo formado por el múltiple de descarga, by-pass, amortiguador de pulsaciones, sistema de control de flujo, toberas de descarga y válvulas de desvío de flujo.
5. Sistema de referencia formado por medidores de flujo tipo turbina y electromagnéticos.
6. Sistema de medición de la presión y temperatura del flujo, así como la determinación de las condiciones ambientales.
7. Sistema de adquisición de datos, monitoreo y control completamente automatizado.
8. Sistema para la caracterización del perfil de velocidades en la zona de pruebas formado por tubos Pitot y medidores de presión diferencial.

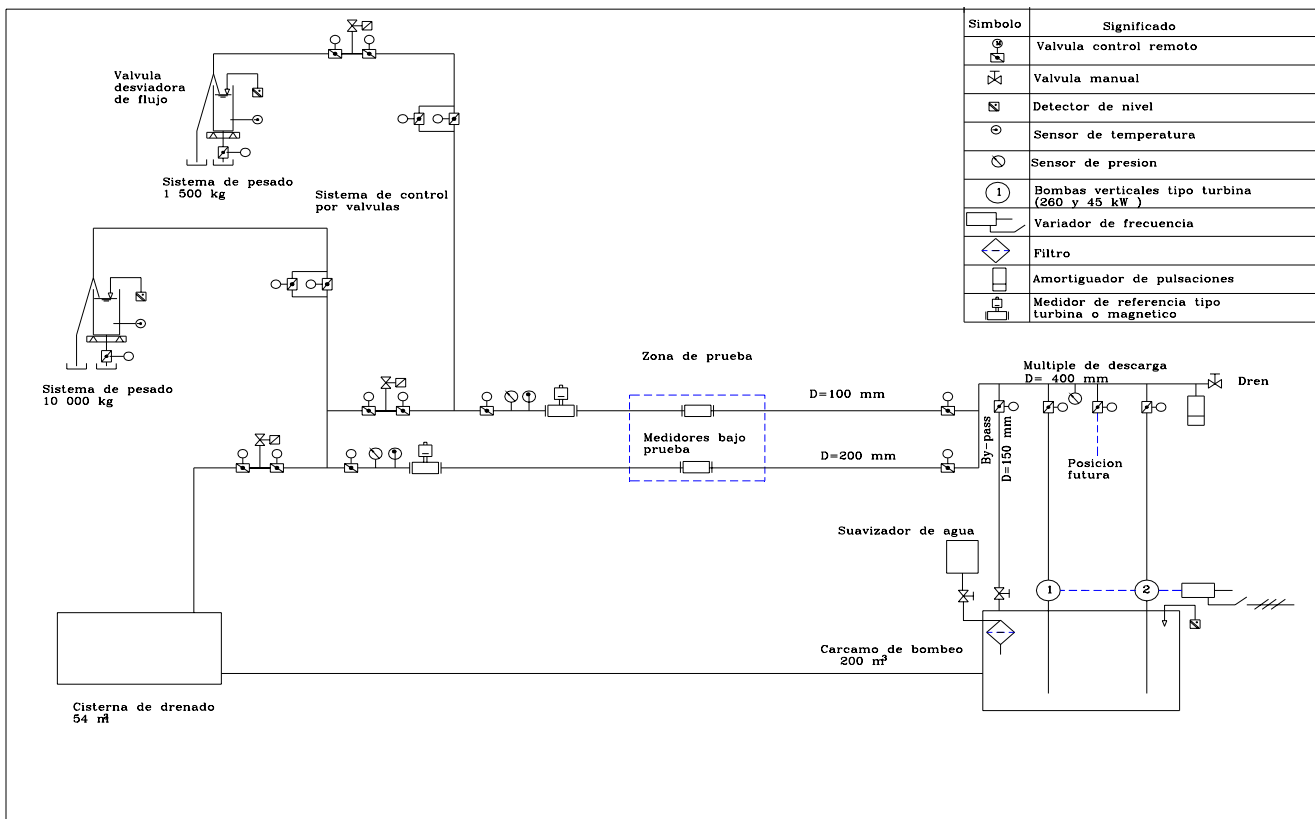


Fig. 1 Diagrama esquemático del patrón nacional para flujo de líquidos.



Fig. 2 Vista general del patrón nacional para flujo de líquidos.

Aportaciones relevantes

La inserción de México en la globalización de los mercados, el apoyo del gobierno mexicano a través de programas de impulso a la competitividad y modernización tecnológica de la industria mexicana, la legislación y el marco jurídico fueron las características particulares que permitieron el establecimiento del Centro Nacional de Metrología, el CENAM actúa como precursor de la inversión en desarrollo y adaptación de innovaciones existentes y desarrollo en el área de metrología creando nuevos bienes y servicios que fortalecen nuestros procesos productivos.

La implementación y desarrollo del Patrón Nacional para Flujo de Líquidos se basó en seis **elementos fundamentales**:

1. la Ley Federal de Normalización y Metrología que estableció la creación del CENAM y las estructuras que dan coherencia a nuestra Sistema Nacional de Calibración,
2. el financiamiento y apoyo del Gobierno Federal en el establecimiento y desarrollo de los patrones nacionales,

3. el acceso a los conocimientos y desarrollos de otros laboratorios nacionales de otros países, es decir, las decisiones técnicas se tomaron en función de las experiencias de otros centros localizados en diferentes partes del mundo,
4. se contactaron diferentes centros especializados, nacionales y extranjeros, en desarrollo tecnológico,
5. se aplicaron técnicas y metodologías normalizadas con el objeto de minimizar los riesgos inherentes al establecimiento del Patrón Nacional para Flujo de Líquidos; International Standard 4185 – Measurement of liquid flow in closed conduits - Weighing method, y
6. en gran medida ha que se contó con los especialistas que desarrollaron e implementaron el sistema de medición de flujo de manera exitosa.

Es necesario destacar que se seleccionó al CIATEQ, Centro de Tecnología Avanzada, dentro de un universo de tres empresas que ofrecían la construcción del sistema, porque ofreció las siguientes ventajas:

1. servicios de innovación y desarrollo tecnológicos con personal experto y tecnología de vanguardia,
2. proteger la propiedad industrial del CENAM en las innovaciones tecnológicas y los desarrollos inherentes producidos durante el proyecto.
3. satisfizo las expectativas del CENAM al no ofrecer un proyecto llave en mano,
4. contribuir a vincular y propiciar una interacción total entre su compañía, el CENAM y otros actores como fueron las firmas de consultoría, centros de investigación, universidades y agentes de enlace,
5. el soporte técnico durante las pruebas y la puesta en marcha del sistema, y
6. la mejor oferta económica para el desarrollo de las diferentes fases del proyecto.

La innovación tecnológica va más allá de la investigación y el desarrollo, consiste en la transformación de una idea en un producto o servicio nuevo o mejorado o proceso operativo¹ y comprende todas aquellas etapas científicas, técnicas, comerciales y financieras, necesarias para el desarrollo y comercialización con éxito de productos nuevos o con mejoras características, la utilización comercial de nuevos o mejores procesos y equipos, o la introducción de un nuevo servicio.

En este orden de ideas, los beneficios más importantes son:

1. El establecimiento en México del Patrón Nacional para Flujo de Líquidos, es decir, nuestro país cuenta con un sistema que da coherencia y confiabilidad a las mediciones de flujo de líquidos.

¹ La innovación tecnológica y su gestión – Manuel Ruiz y Enrique Mandado – Editorial marcombo

El patrón Nacional para Flujo de Líquidos ofrece los siguientes servicios al mercado domestico:

- trazabilidad hacia los patrones nacionales,
- programas de aseguramiento de las mediciones,
- tercerías para resolver disputas,
- comprobar especificaciones del fabricante,
- aprobación de modelo (pruebas metrológicas),
- validación de otros métodos de calibración y/o medición de flujo,
- detectar efectos de las condiciones de instalación,
- pruebas de reproducibilidad, etc.



Fig. 3. Servicio de calibración a un medidor de flujo másico

2. El CENAM mantiene, un programa de intercomparaciones con otros laboratorios nacionales de otros países. Los objetivos de este programa de aseguramiento de las mediciones en flujo de líquidos son:
 - comparar procedimientos,
 - cálculos,
 - desviaciones e incertidumbre,
 - establecer mejoras de los mismos.

Innovaciones

El sistema de medición de flujo de líquidos está formado por un conjunto de elementos que cumplen diferentes funciones. En algunos de estos elementos se mejoraron las características de desempeño con respecto a sistemas existentes en laboratorios nacionales de otros países, otros elementos del sistema se desarrollaron para satisfacer necesidades específicas. Las principales innovaciones son:

3. Se requirió dotar al sistema de un control que regule el caudal en función de las necesidades de las pruebas, este caudal puede ser sólo una fracción de la capacidad máxima de la bomba o un porcentaje mayor a esa capacidad máxima en condiciones normales:
 - control por estrangulación mediante un sistema de válvulas y desvío de flujo utilizando un by-pass (hacemos notar que si hablamos de energía consumida por el equipo de bombeo, su eficacia es muy baja si funcionará como único elemento de control, y
 - control de velocidad, mediante un variador de frecuencia, que proporcionará un ahorro de energía significativo, ya que no se desperdicia energía para vencer la innecesaria contrapresión, así como ahorro en el costo de arranque de los motores de las bombas.
4. Secciones de prueba.
 - todas las partes en contacto con el fluido de trabajo se fabricaron en acero inoxidable con el objeto de minimizar la corrosión y costos de mantenimiento,
 - flujo sin vórtices y distorsiones asegurado por los casi 45 m de longitud de tubería recta nos permitirán contar con flujo turbulento completamente desarrollado en las zonas de prueba,
 - la complejidad y diversidad de las instalaciones de conducción de fluidos en la industria, hacen imposible su reproducción en un laboratorio, la flexibilidad del sistema nos permite simular instalaciones de acuerdo a los requerimientos de los clientes, y
 - es posible manejar diámetros de tubería desde 25 mm hasta 200 mm.
5. El sistema cuenta con toberas de descarga –desarrolladas en México– que permiten enviar el flujo a una válvula desviadora en forma de una delgada lámina que evita una excesiva caída de presión, el salpicado y la turbulencia del chorro sobre el tanque del sistema de pesado. El movimiento de la válvula desviadora de flujo nos permite la colección del líquido en el tanque de pesado y en su movimiento actúa un sensor fotoeléctrico que mide el tiempo para un período de colección. Es deseable que el movimiento de desvío, corte la lámina de flujo de agua tan rápidamente como sea posible (0,1 s o menos) con el objeto de reducir la posibilidad de un error significativo en el tiempo de llenado. Esto se lleva a cabo por un rápido movimiento de la válvula de desvío a través de una hoja delgada de líquido formada por una tobera de descarga de diseño especial. Generalmente, esta hoja de líquido debe de tener una longitud de 15 a 50 veces el ancho de la tobera. También, la caída de presión ΔP a través de la tobera debe ser pequeña (20 000 Pa) para evitar un salpicado excesivo y turbulencia en el chorro producido sobre el tanque de pesado.

6. Sistema de determinación de flujo compuesto por tanques de almacenamiento, sistemas de medición de tiempo y celdas de carga, cuyo comportamiento metrológico corresponde a los instrumentos para pesar de clase fina II según OIML R 76.
7. El control del sistema y la adquisición de datos es a través de una PC, ambiente Lab-Windows, tarjetas de circuitos analógicos, convertidores de señales, lógica digital, hardware y software, la adquisición y el procesamiento de datos de los diferentes instrumentos, los datos de salida del medidor de flujo bajo prueba, el sistema de pesado, la densidad del agua a las condiciones de prueba y el tiempo de colección de prueba posibilitan al sistema a entregar los resultados requeridos de una calibración. La flexibilidad del control centralizado nos permite cambiar las rutinas de acuerdo a los requerimientos específicos de cada servicio.

Estudio de factibilidad del proyecto

La conveniencia técnico - económica para el establecimiento del sistema, requirió desarrollar las siguientes fases:

- A) Estudio de mercado
- B) Costos del sistema primario de calibración y caracterización de flujo de líquidos
- C) Determinación del costo de los servicios

A) Estudio de mercado.

Se consideraron las siguientes aplicaciones:

- 1) Transferencia (operaciones de compraventa) de líquidos.
 - Petróleo y derivados
 - Gas licuado
 - Agua
- 2) Control de procesos y control ambiental.
- 3) Investigación

Industrias como Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Comisión Nacional del Agua (CNA), la industria química, etc., el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) el Laboratorio de Pruebas y Ensayos de México (LAPEM), la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del IPN, etc. se tomaron en cuenta para este estudio de mercado.

Los principales comentarios de este estudio son:

- La mayoría de los medidores instalados son empleados para medición y control del flujo de (transferencia y proceso en) hidrocarburos y derivados, agua, vapor de agua, químicos, en tubería de hasta 200 mm (8"), aunque, existen medidores de mayor tamaño, instalados en la industria.

- PEMEX distribución, CFE y la industria química requieren de servicios de calibración y certificación inmediatos.
- Los tipos de medidores de flujo que predominan en el mercado nacional son: 1 Presión diferencial, 2 Tipo turbina, 3 Desplazamiento positivo y 4 Másico.

Todos los usuarios potenciales, manifestaron que se requiere dar coherencia al sistema de medición de flujo. Este sistema servirá como base de la cadena de trazabilidad de las mediciones de flujo en nuestro país.

B) Costos del sistema primario de calibración y caracterización de flujo de líquidos.

El sistema primario de calibración y caracterización de flujo de líquidos está constituido fundamentalmente por:

- ingeniería de diseño
- obra civil
- cárcamo de bombeo
- cisterna de drenado
- grúa viajera
- sistema de bombeo

- sistema de conducción de flujo
- elementos especiales
- tuberías
- válvulas
- accesorios
- sistema de determinación de flujo
- instrumentación y control
- sistema de pesado

Retos y expectativas

1. Fortalecer las actividades de investigación y desarrollo en esta área de la metrología,
2. Mantener la calidad y continuar con la formación de recursos humanos,
3. Mejora constante del proceso de medición a través de:
 - modernización tecnológica, inversión en desarrollo,
 - adaptación de innovaciones tecnológicas, e
 - incrementar los ingresos propios.

Conclusiones.

1. La explicación del éxito logrado se puede explicar sobre la base de los siguientes elementos:
 - necesidades y requerimientos,
 - la coyuntura estructural y el marco jurídico propiciaron el desarrollo y establecimiento de este sistema de medición,
 - el nivel profesional de los ingenieros y técnicos mexicanos,
 - se tuvo el acceso a los conocimientos y desarrollos de diferentes laboratorios nacionales de otros países,
 - el CENAM propicio la colaboración de un centro especializado en desarrollo tecnológico, y
 - se aplicaron técnicas y metodología orientadas a minimizar los riesgos inherentes en la implementación del Patrón Nacional para Flujo de Líquidos.

2. Se estimula de manera decisiva la formación de recursos humanos

Referencias

- [1] México Ciencia y Tecnología en el Umbral del siglo XXI, noviembre 1994. CONACYT.
- [2] Requerimientos de Medición de Flujo en la Industria Petrolera Mexicana. H. Luchsinger, R. Arias, J.M. Maldonado, A. Loza - División de Flujo y Volumen - CENAM.
- [3] El Patrón Nacional para Flujo de Líquidos en el Desarrollo Industrial de México, Dr. Héctor Nava Jaimes - CENAM, Ing. Felipe A. Rubio Castillo - CIATEQ.
- [4] La Innovación tecnológica y su gestión. Manuel Ruiz, Enrique Mandado – Editorial Marcombo.

Para mayor información:

Centro Nacional de Metrología

División de Flujo y Volumen
Ing. Heinz Luchsinger e Ing. Alejandro Loza Guerrero
e-mail aloza@cenam.mx
Tel (4) 2 11 05 00, Fax (4) 2 11