

TRAZABILIDAD EN TIEMPO Y FRECUENCIA USANDO EL MÉTODO DE CALIBRACIÓN POR DIFERENCIA DE FASE

Liz C. Hernández F., Gustavo Chaparro O.

Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM)
Bogotá D.C., Colombia
(57) (1) 2 54 22 22 lhernandez@inm.gov.co

Resumen: Los patrones nacionales de tiempo y frecuencia de los institutos nacionales de metrología que son miembros del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) podrían obtener trazabilidad al Sistema Internacional (SI) de unidades mediante el método de comparación internacional en tiempo real denominado el tiempo de la red SIM (SIMTN). En este documento se presenta el método usado por el Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM) para mantener la trazabilidad de sus patrones internos y evaluar la incertidumbre de medición con que se reportan los resultados de calibración.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2008 dentro del laboratorio de tiempo y frecuencia del INM se han realizado proyectos de automatización con el fin de progresar en la capacidad de medición y calibración (CMC).

Con el reto de desarrollar un sistema automático de medición sincronizado a la hora legal de la República de Colombia que permitiera generar trazabilidad a los patrones internos del laboratorio, se crearon dos proyectos de automatización usando el software LabVIEW®. El primer proyecto consistió en un comparador de fase de hasta ocho señales de frecuencia simultáneas. Y el segundo en una aplicación para cálculos automáticos de error, inestabilidad (varianza de Allan) e incertidumbre.

El comparador fue desarrollado con LabVIEW Real-Time, haciendo uso de un chasis NI PXI-1031, de un controlador NI PXI-8195 y un digitalizador NI PXI-5105 de ocho (8) canales a una velocidad de 60 MS/s (mega-muestras por segundo).

2. ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Se obtuvo el valor de $U = 6.0 \times 10^{-13}$, asociado a la declaración de CMC que el laboratorio de tiempo y frecuencia del INM de Colombia ofrece en el servicio de calibración para un oscilador mediante el método de diferencia de fase. El patrón es el oscilador atómico de Cesio designado como Patrón Nacional (Pat).

Fuente	Tipo	Valor	Distribución	Factor	Incertidumbre estándar
Desviación fraccional de frecuencia NIST-UTC $f_{of(NIST-UTC)}$	B	4.0×10^{-15}	Rectangular	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	2.31×10^{-15}
Estabilidad de la desviación fraccional de frecuencia NIST-UTC $\sigma_y(\tau)_{NIST-UTC}$	B	3.0×10^{-15} por día	Normal	1	3.00×10^{-15}
Incertidumbre UTC $u(f_{of-BIPM})$	B	1.2×10^{-14}	Normal	1	1.20×10^{-14}
Desviación fraccional de frecuencia Pat-NIST $f_{of(Pat-NIST)}$	B	1.0×10^{-13}	Rectangular	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	5.77×10^{-14}
Estabilidad de la desviación fraccional de frecuencia Pat-NIST $\sigma_y(\tau)_{Pat-NIST}$	A	2.0×10^{-13} por día	Normal	1	2.00×10^{-13}
Incertidumbre combinada					2.10×10^{-13}
Patrón Nacional $u(f_{of-Pat})$	B	2.1×10^{-13}	Normal	1	2.10×10^{-13}
Resolución dispositivo de visualización u_{res}	B	10×10^{-15}	Rectangular	$\frac{1}{\sqrt{12}}$	2.89×10^{-15}
Estabilidad del DUT $\sigma_y(\tau)_{inst}$	A	2.0×10^{-13}	Normal	1	2.00×10^{-13}
Incertidumbre combinada					2.90×10^{-13}
Incertidumbre Expandida (Factor de cobertura: $k=2$)					5.8×10^{-13}
Incertidumbre Expandida (Factor de cobertura: $k=2$)					$\approx 6.0 \times 10^{-13}$

Tabla 1. Presupuesto de incertidumbre

3. RESULTADOS

Las tres gráficas para cada oscilador corresponden a:

- Histórico de incertidumbre expandida:
 - Eje horizontal: Tiempo de promediación ($\tau = m\tau_0$).
 - Eje vertical: Valor de U reportado en los certificados de calibración respectivos.
 - Abreviaturas: no disciplinado (N.D.), disciplinado (D).
- Histórico de frecuencia convencional:
 - Dentro de la gráfica se incluyen las respectivas barras de incertidumbre para $\tau = 1$ s. La ecuación asociada es:

$$f_{convencional} = f_{salida\ oscilador} (1 + f_{of})$$

- Comparación incertidumbres estándar en el año 2014.

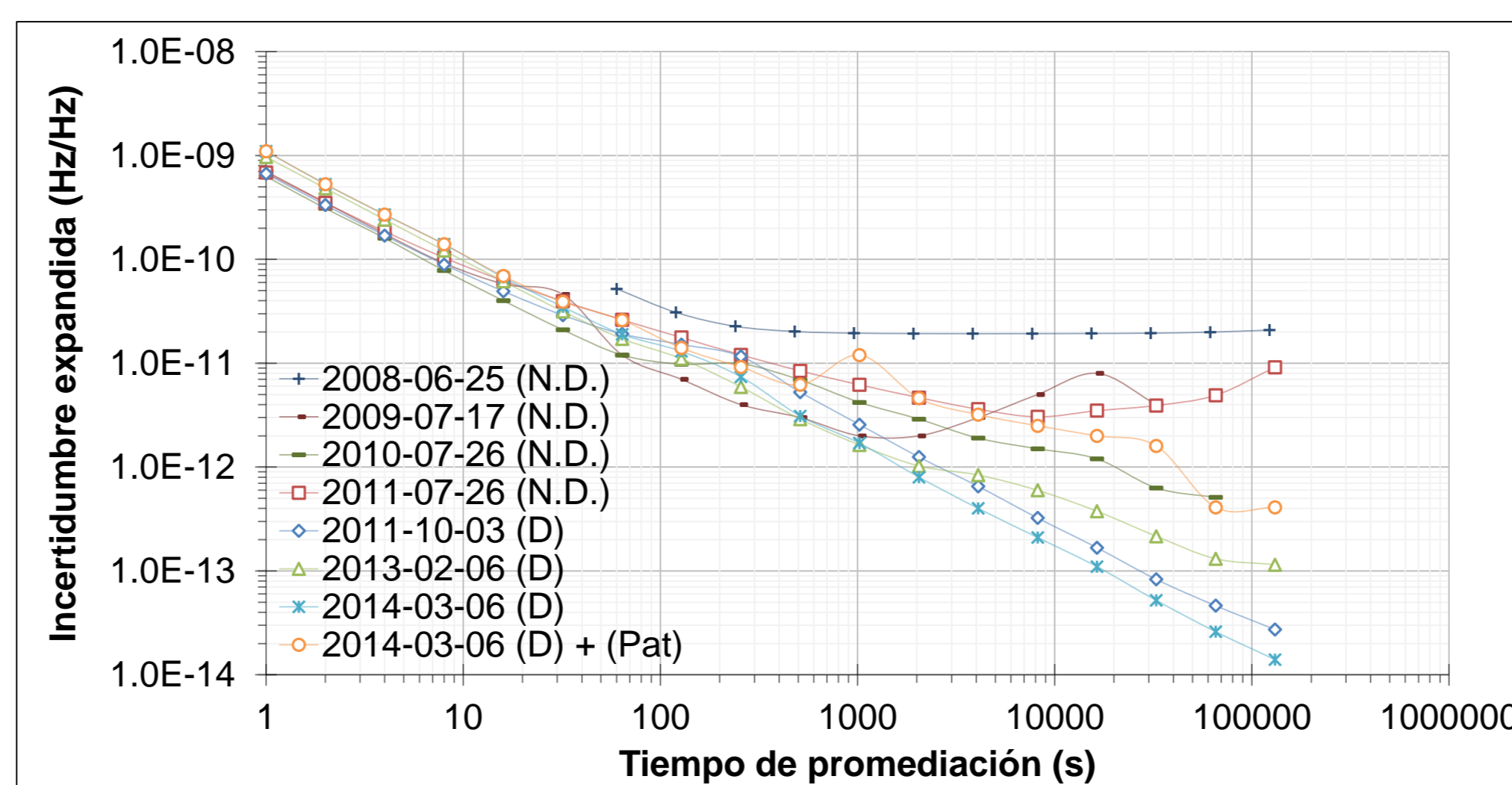


Figura 1. Histórico incertidumbre expandida – Rubidio marca Symmetricom, modelo 8040C.

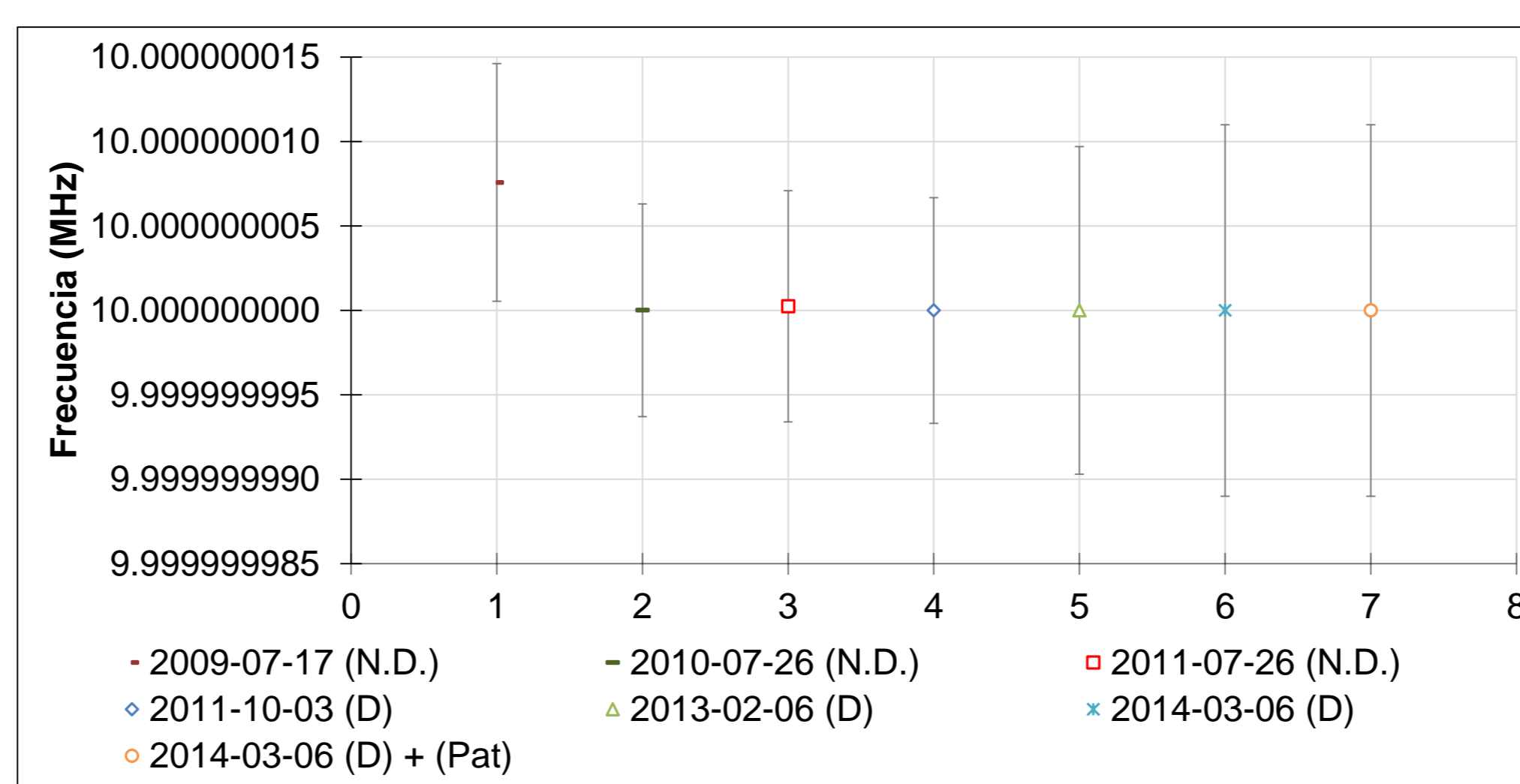


Figura 2. Histórico frecuencia convencional – Rubidio marca Symmetricom, modelo 8040C.

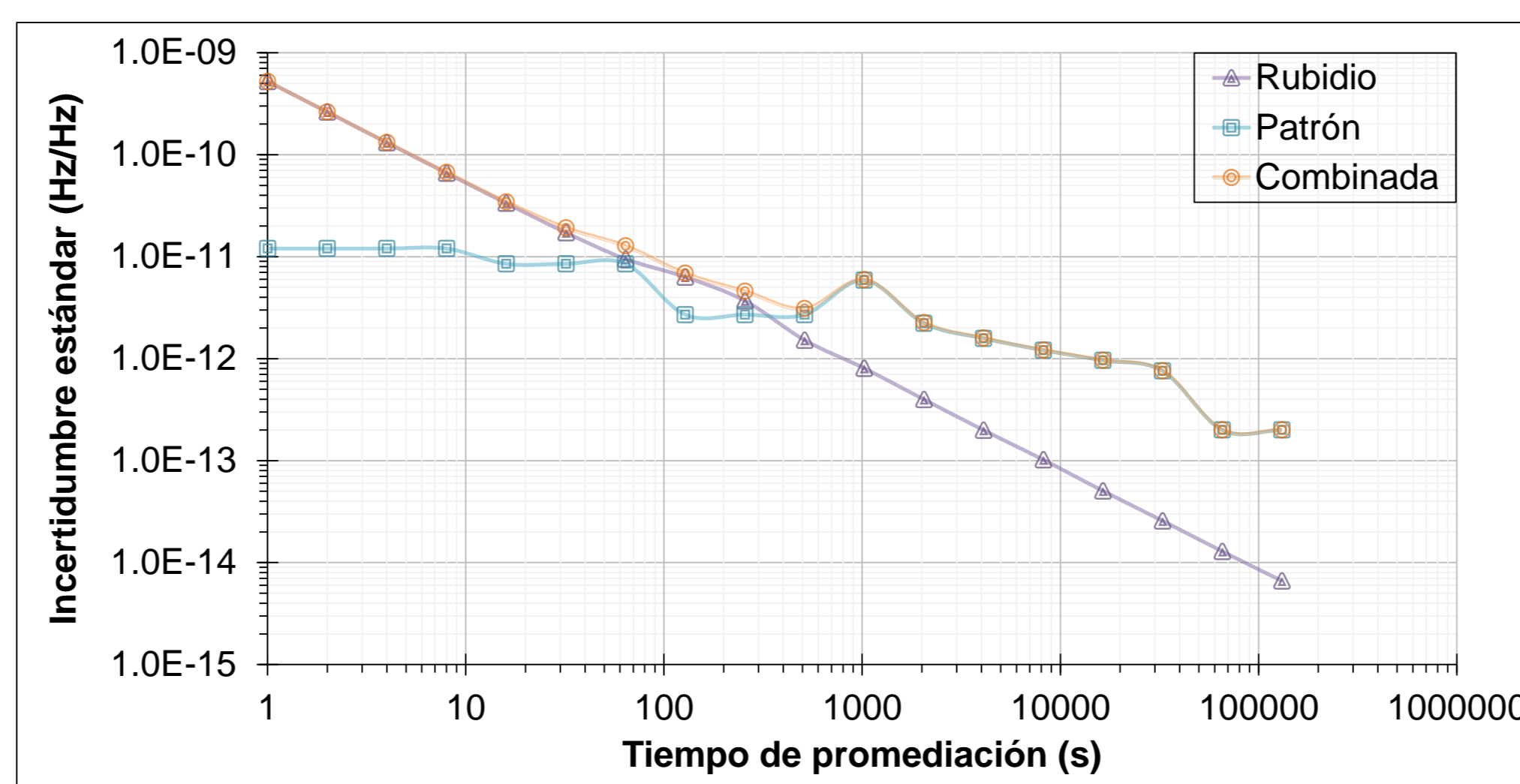


Figura 3. Incertidumbres estándar de Rubidio marca Symmetricom, modelo 8040C – Año 2014.

4. CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema automático de medición sincronizado a la hora legal colombiana que permite prestar servicios de calibración a osciladores de precisión.

En el método de comparación de fase diseñado, la desviación de Allan, $\sigma_y(\tau)_{inst}$, corresponde a la caracterización de la estabilidad de corto plazo de un oscilador de precisión. Sin embargo, aunque el oscilador bajo prueba esté disciplinado a un patrón, al incluir la componente por trazabilidad asignable al Patrón Nacional del INM dentro de la estimación de incertidumbre, entonces la incertidumbre expandida no es directamente proporcional a $\sigma_y(\tau)_{inst}$.

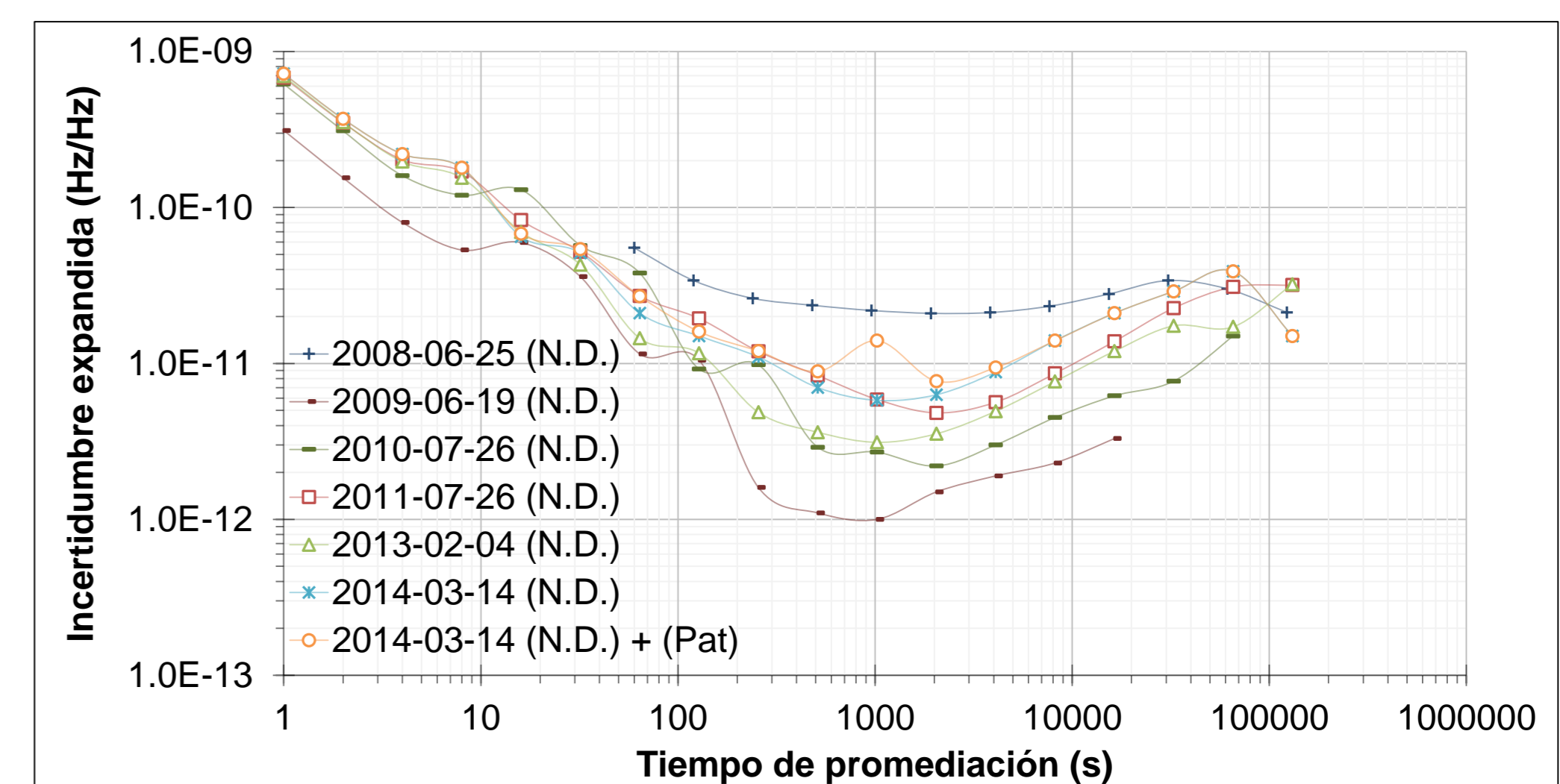


Figura 4. Histórico incertidumbre expandida – Cuarzo marca ROHDE & SCHWARZ, modelo XSD 2.

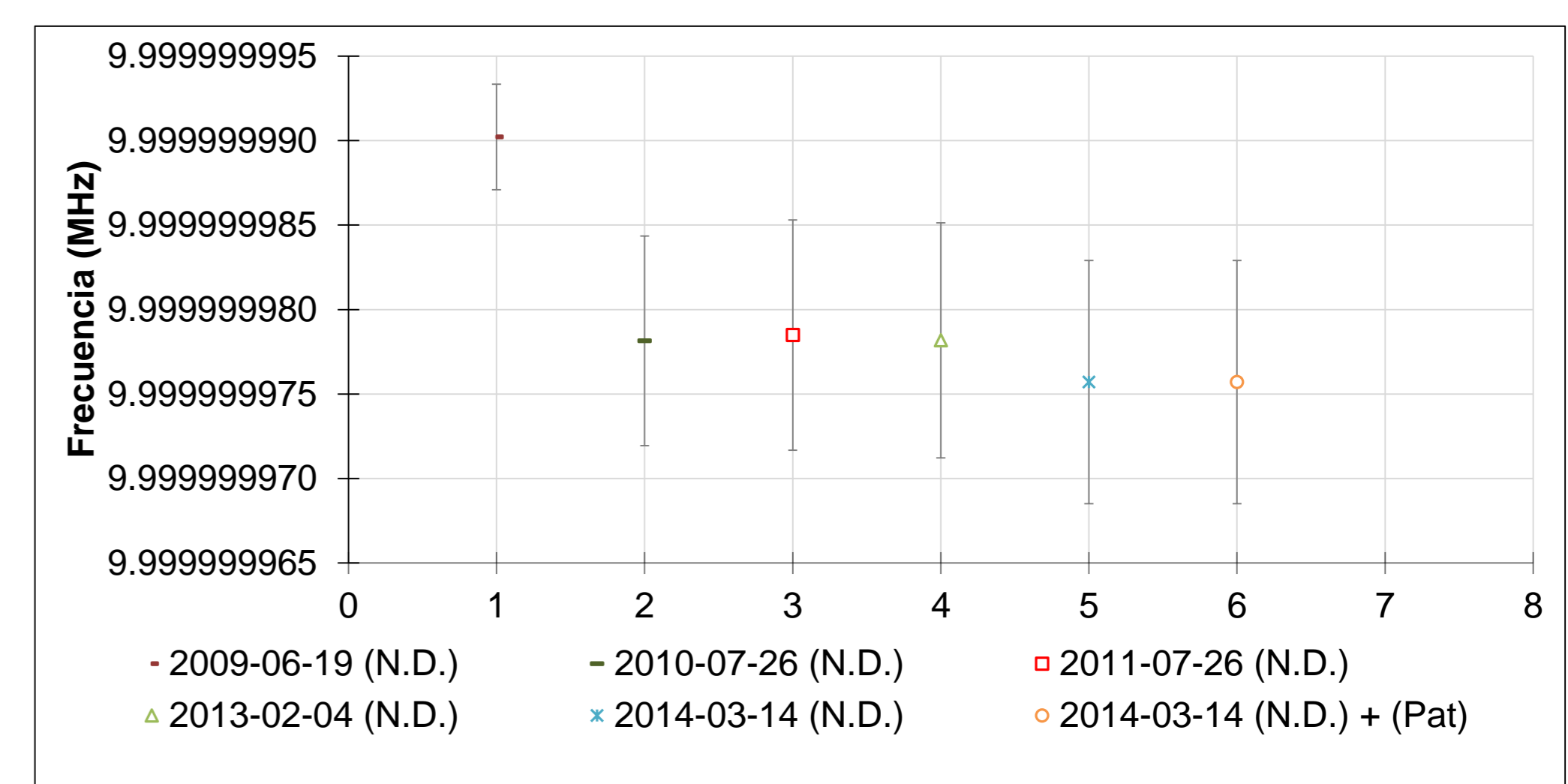


Figura 5. Histórico frecuencia convencional – Cuarzo marca ROHDE & SCHWARZ, modelo XSD 2.

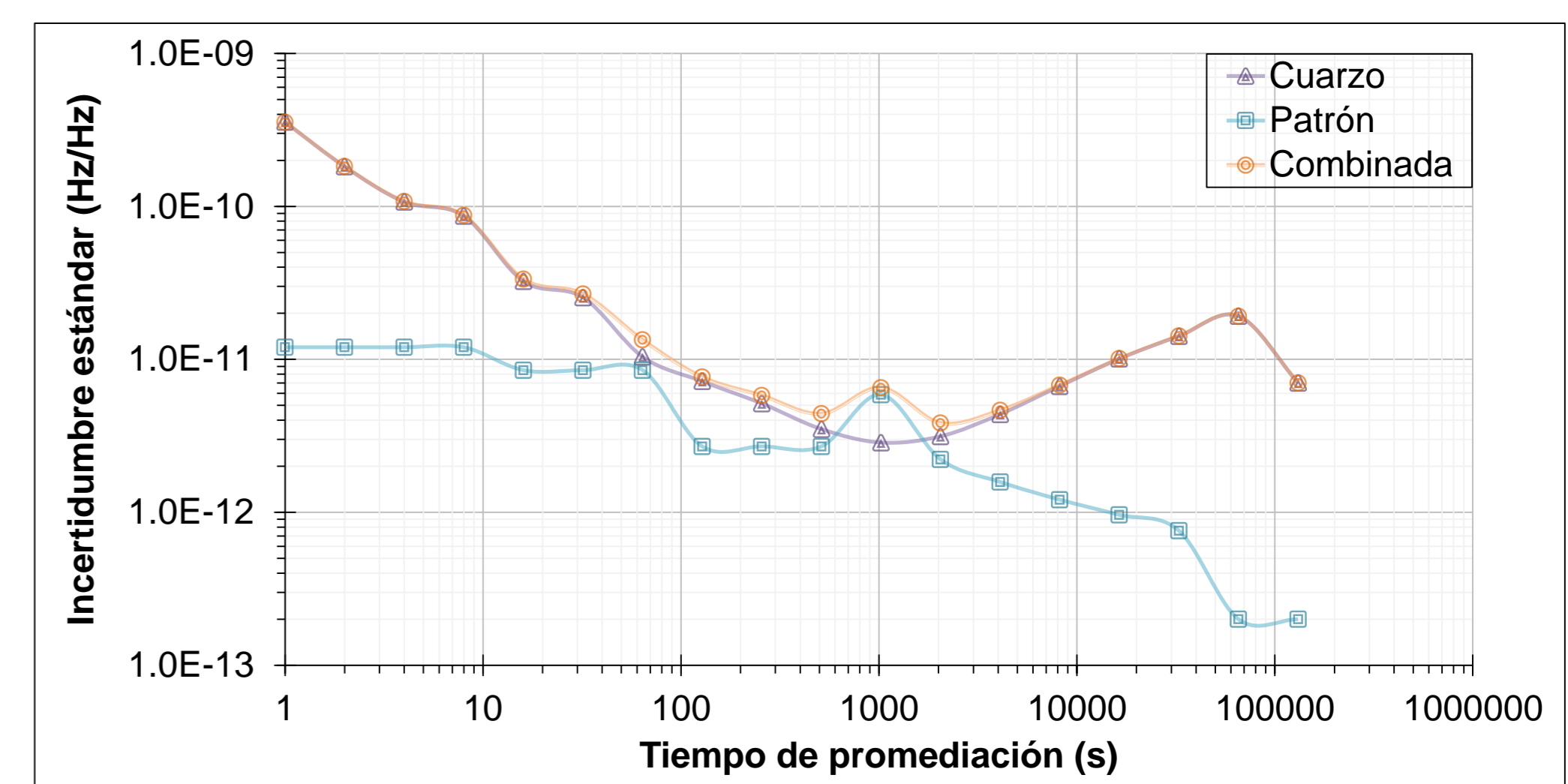


Figura 6. Incertidumbres estándar de Cuarzo marca ROHDE & SCHWARZ, modelo XSD 2 – Año 2014.