



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD HUMEDAD RELATIVA
INFORME B
COMPARACIÓN NACIONAL
H-18**

CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGROMETRO DIGITAL

**Rango de medición: (10°C a 30 °C) @ 59 %HR
En temperatura del aire**

octubre 2018 – diciembre 2018

ENSAYO DE APTITUD – HUMEDAD RELATIVA

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Carolina Martínez

Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-HUMEDAD RELATIVA), Chile.

Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.

Teléfonos 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966,

e-mails marcial.espinoza@enaer.cl antonio.monsalve@enaer.cl Carolina.martinez@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Humedad Relativa ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneiente a la Red Nacional de Metrología realizan el **Ensayo** de Aptitud 2018. Para ello se ha elegido un instrumento que permiten cubrir un rango que pueda ser calibrado por la mayoría de los laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Humedad Relativa y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo H-17. La comparación se llevó a cabo desde octubre de 2018 a diciembre de 2018. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un Termohigrómetro digital, el alcance de medición es de -20 °C a 80°C, clase de exactitud del $\pm 0,3$ °C del alcance de medición y una resolución de 0,1 °C. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Humedad ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco de la Red de Metrología de Chile.

INTRODUCCION

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los laboratorios de Metrología, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una diseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a Ensayo de Aptitud 2018 íntegramente realizada entre los laboratorios de Humedad Relativa nacionales y el LCPN-Humedad Relativa de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. La participación en ésta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de la magnitud de Humedad Relativa entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud Humedad entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Al ensayo de aptitud 2018 lograron incorporarse 5 laboratorios participantes en la magnitud Humedad Relativa.

Laboratorio	Empresa	Contacto	Información
1	CERTLAB	Aliro Ramírez F.	Aliro.ramirezF@gmail.com
2	WSS. S.A.	Cristian Rivera M.	crivera@wss.cl
3	CIDE-USACH.	Mauricio Araya Castro.	Mauricio.araya@usach.cl
		Roberto Figueroa M.	Roberto.figueroa@usach.cl
4	Metrological Spa	Fernando Parra	metrological.gerencia@gmail.com
5	DICTUC	Patricia Suazo	psuazo@dictuc.cl
6	LCPNR-HR (ENAER)	Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl
		Antonio Monsalve Venegas	antonio.monsalve@enaer.cl

Tabla N° 1 Empresas participantes.

Puntos de calibración

Al ensayo de aptitud 2018 se realizaron los siguientes puntos de calibración:

<i>Laboratorio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Puntos de calibración Temperatura (°C) @59% HR</i>
1	CERTLAB	10-20-30
2	WSS. S.A.	10-20-30
3	CIDE-USACH	10-20-30
4	Metrological Spa	10-20-30
5	DICTUC	10-20-30

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional (Agosto 2018).

Tabla N°2. Empresas participantes.

Fechas para realizar las mediciones.

Los equipos fueron circulados de acuerdo al siguiente cronograma:

<i>Laboratorio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Fecha Tentativa</i>
1	LCPNR-HR (ENAER)	13/09/18 – 24/09/18
2	CERTLAB	16/10/18 – 23/10/18
3	WSS	24/10/18 – 30/10/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	05/11/18 – 09/11/18
4	USACH	12/11/18 – 16/11/18
5	Metrological Spa	19/11/18 – 23/11/18
6	DICTUC	26/11/18 – 30/11/18
5	Metrological Spa	03/12/18 – 07/12/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	07/12/18 – 14/12/18

Tabla N° 3. Fechas de realización de la comparación.

Patrón Nacional

Como patrón Nacional se utilizó un Generador de Humedad de dos Presiones.

LCPNR-HR Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición % HR	Incertidumbre relativa , k=2
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	10 a 95	0,5 % a 0,8 % HR

Tabla 3.- Patrón Nacional.

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un termo higrómetro. El instrumento fue facilitado por LCPNR-HR de ENAER. Las características del instrumento utilizado para el ejercicio correspondiente a la comparación se presentan en la siguiente tabla:

Marca	Modelo	Número de Serie	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución
Delta Ohm	Indicador : HD.2101.1R Sensor : HP472AC R	Indicador:17007116 Sensor: 18016402	± 1,5 %HR	0 %HR a 90 %HR	0,1 %
			± 2,0 %HR	90 %HR a 100 %HR	
			± 0,3 °C	-20 a 80 °C	0,1 °C

Tabla 4.- Patrón Viajero de comparación

Programa de la comparación

Resumen

La comparación se realizó en 6 etapas (3 mediciones del laboratorio piloto);

- (1) medición inicial piloto,
- (2) medición de 2 participantes (la primera mitad de ensayo Cámara climática),
- (3) medición intermedia piloto,
- (4) medición de 3 participantes (la segunda mitad de ensayo Cámara climática),
- (5) medición final para Cámara climática.

LCPNR-HR y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

Detalle del desarrollo de la Comparación

El siguiente esquema explica el desarrollo de la actividad

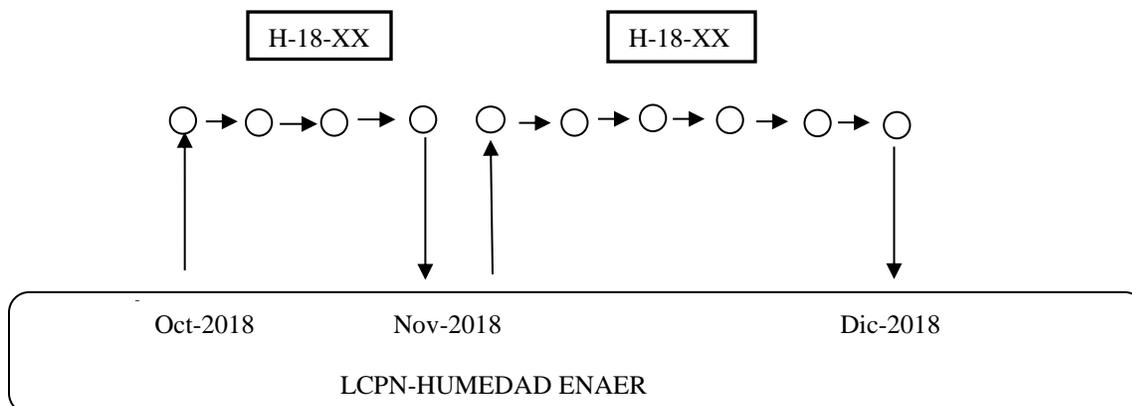


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

- a) Preparación. ENAER realizó la medición inicial. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación (13 al 24 de septiembre de 2018).
- b) Los 2 laboratorios participantes (CERTLAB-WSS) realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas (16 de octubre al 30 de octubre de 2018).
- c) El instrumento vuelve al LCPNR-HR, el piloto ejecuta la segunda medición al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (05 al 09 de noviembre de 2018).
- d) Se realizan las mediciones de los 4 laboratorios participantes del ensayo de aptitud H18 (USACH- METROLOGICAL SPA-DICTUC) en las fechas programadas (12 de noviembre al 07 de diciembre de 2018).
- e) El instrumento vuelve al LCPN-HR (3^{era} Medición) y el piloto ejecuta la medición final al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (07 de diciembre al 14 de diciembre de 2018)

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPN-HR de ENAER el 16 de mayo de 2019.

El 19 de julio de 2019 el LCPN-HR de ENAER emite un informe que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes y se hace llegar éste informe al INN (INFORME B)

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El patrón viajero fue calibrado en LCPNR-HR (ENAER) en 3 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla N° 3. En todos ellos, el mismo procedimiento de calibración, estándar de referencia y equipamiento fueron usados.

La siguiente fotografía muestra el montaje para la calibración:



Figura 2. Montaje para la calibración del patrón viajero.



Figura 2. Montaje del sensor al interior de la cámara útil.

El laboratorio de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación calibrándolo en 03 ocasiones. Los datos obtenidos se presentan gráficamente en el siguiente gráfico. Luego se presenta otro gráfico en donde se presenta el error promedio con su incertidumbre.

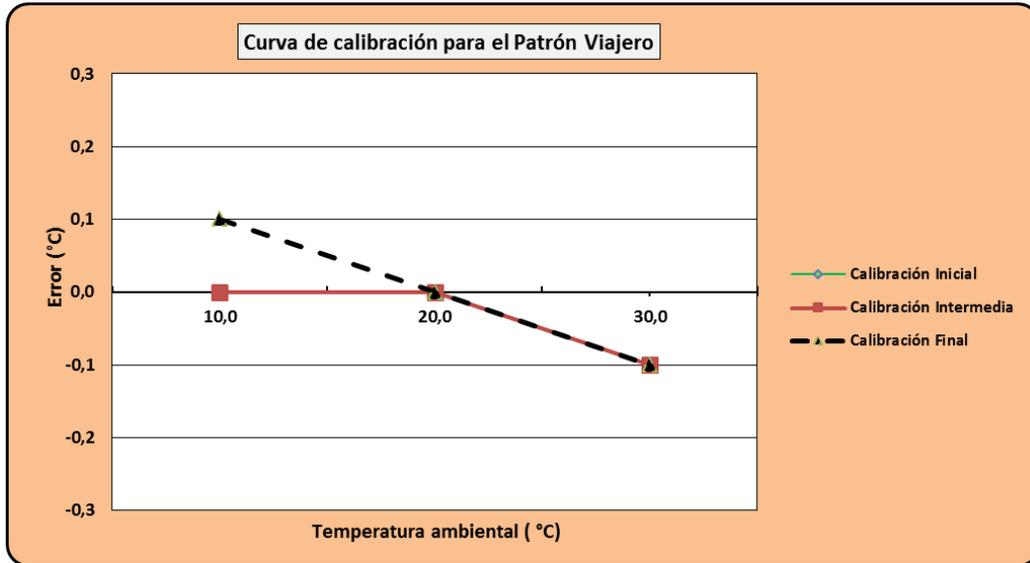


Gráfico 1. Curva de calibración del patrón viajero.

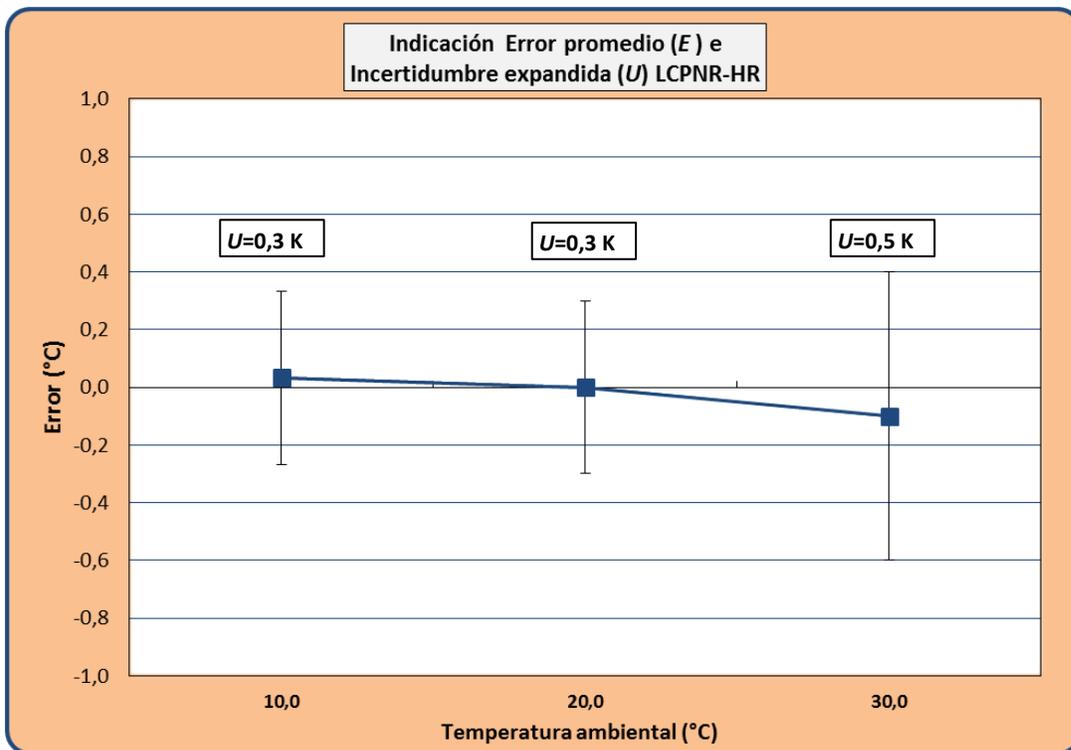


Gráfico 2. Error promedio, E, e incertidumbre expandida, U (k=2, 95%).

Incertidumbre de referencia

a) Estudio de Drift del instrumento viajero

La deriva del patrón viajero puede ser estimado en cada punto de comparación como la diferencia entre los errores de una calibración y la sucesiva. En la siguiente tabla se presenta los errores y las derivas entre las calibraciones inicial e intermedia (d_{1-2}) y entre la calibración intermedia y final (d_{2-3}).

HR_{CAMARA} (%)	Calibración Inicial				Calibración Intermedia				Calibración Final			
	T°_{Patron}	$T^{\circ}_{DELTA\ OHM}$	E_1	U_1	T°_{Patron}	$T^{\circ}_{DELTA\ OHM}$	E_2	U_2	T°_{Patron}	$T^{\circ}_{DELTA\ OHM}$	E_3	U_3
50,0	10,0	10,0	0,0	0,3	10,0	10,0	0,0	0,3	10,0	10,1	0,1	0,3
	20,0	20,0	0,0	0,3	20,0	20,0	0,0	0,3	20,0	20,0	0,0	0,3
	30,0	29,9	-0,1	0,5	30,0	29,9	-0,1	0,5	30,0	29,9	-0,1	0,5

Tabla N°4 Resultados de las 3 calibraciones del patrón viajero.

T° Nominal	Patrón Viajero (Delta Ohm)					
	E_1	E_2	d_{1-2}	E_2	E_3	d_{2-3}
10	0,0	0,0	0,00	0,00	0,10	-0,10
20	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
30	-0,1	-0,1	0,00	-0,10	-0,10	0,00

Tabla N°5 Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.

Para el Ensayo de Aptitud, se utilizó la mayor deriva encontrada entre dos calibraciones sucesivas (0,10).

De acuerdo a la especificación técnica del fabricante, el instrumento presenta una deriva en temperatura ambiental de 0,1°C/año. Para el sensor HP472AC presenta una deriva de 0.003%/°C.

Por lo tanto, es muy posible que estas diferencias sean debido a una incertidumbre por estabilidad más que a una deriva del patrón viajero. Por lo tanto, para el cálculo del error normalizado, un componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de una deriva del patrón viajero fue adicionada al presupuesto de incertidumbre del laboratorio de referencia, lo cual significa que la incertidumbre expandida de referencia será más alta que las calculadas por el laboratorio Piloto.

Para propósitos de esta comparación; la deriva será evaluada como una distribución rectangular tipo B; la evaluación entonces es:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

Datos de las mediciones

En la Tabla 6 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio E, y en la tabla 4 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de presión nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPNR-HR, para el error y la incertidumbre combinada, son el promedio de las lecturas realizadas de las tres diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPNR-HR.

$$E_{\text{Enaer}} = (E1 + E2 + E3) / 3$$

$$U_{\text{Enaer}} = (U1 + U2 + U3) / 3$$

Error Promedio de los participantes

Datos Error Promedio Laboratorios						
°C	LCPNR-HR	H-18-20	H-18-22	H-18- 27	H-18- 30	H-18- 26
			(Nota 1)	(Nota 2)		
10,0	0,03	0,07	*-0,5	-0,6	0,2	-0,10
20,0	0,00	-0,08	*-0,5	-0,2	0,0	0,00
30,0	-0,10	0,32	*-0,4	-0,2	-0,2	-0,10

Tabla N°6 Error promedio de los laboratorios participantes.

Nota 1 : Los valores reportados por el laboratorio se indican con un asterisco sin visualizar alguna observación del laboratorio participante.

Nota 2: El valor del instrumento bajo calibración IBC reportado no coincide con el respaldo de los resultados

Reportado : 29,6 °C
Respaldo : 29,4 °C

Esta diferencia genera una inconsistencia con el error reportado. Para todo efecto se considero como valido el error reportado -0,2°C

GRAFICOS

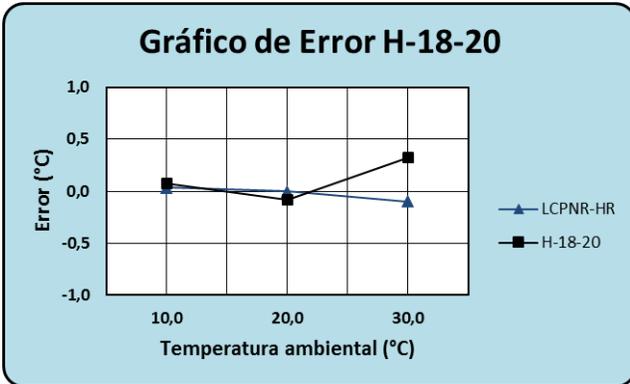


Grafico (a)

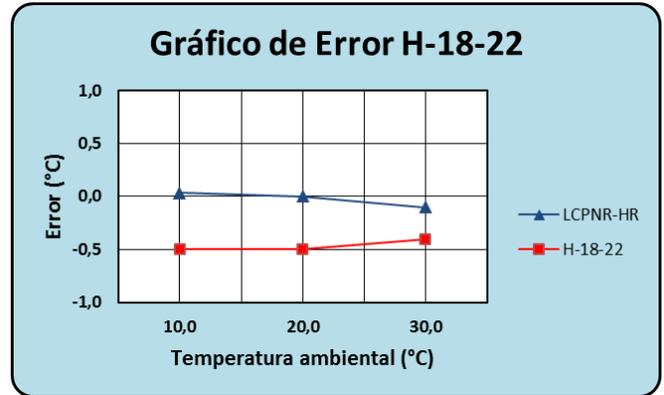


Grafico (b)

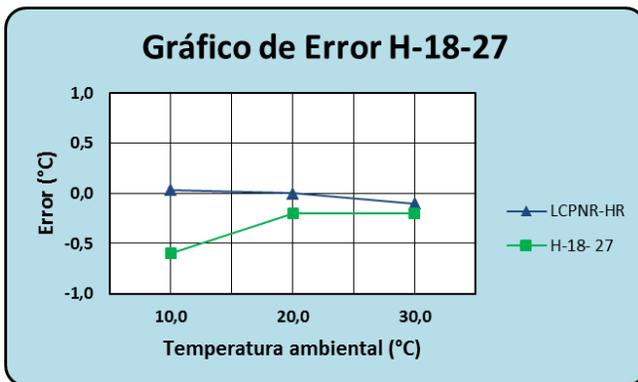


Grafico (c)

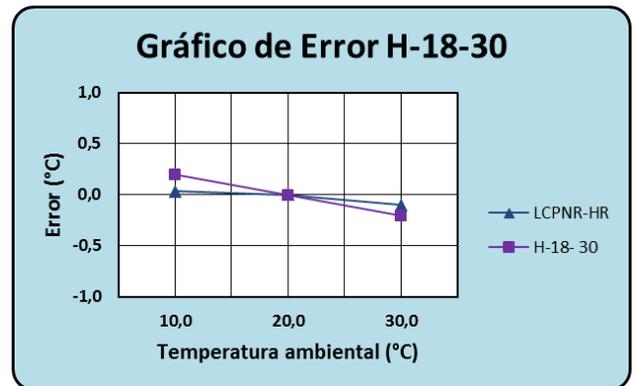


Grafico (d)

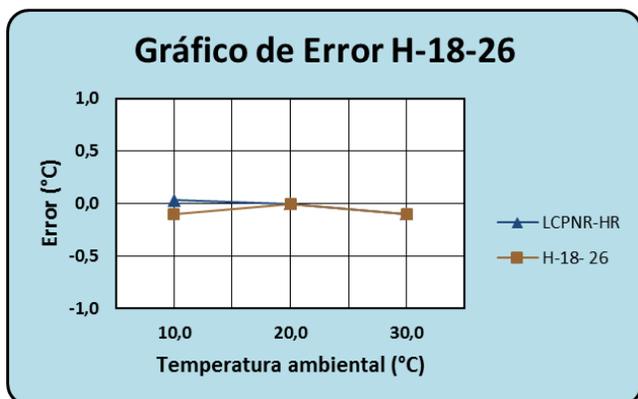


Grafico (e)

Gráfico 3. Individuales Error de cada participante con LCPNR-HR

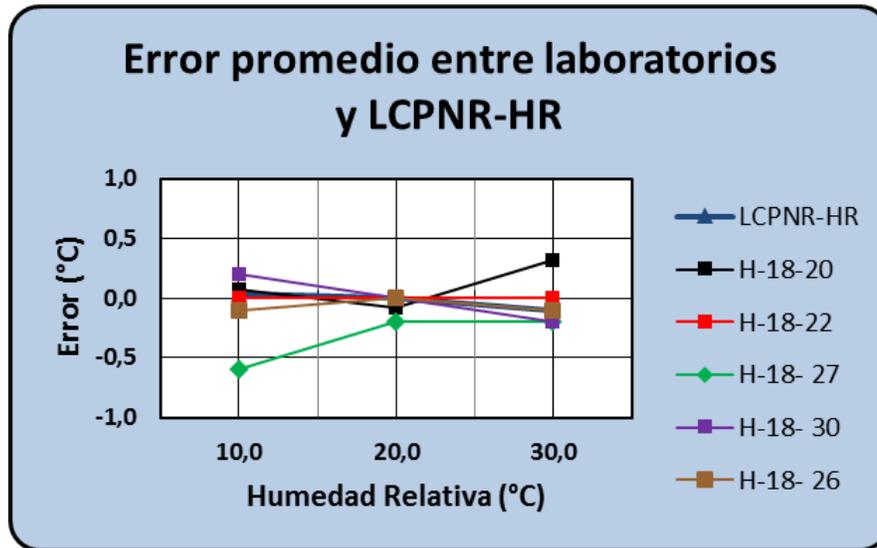


Gráfico 4. Error promedio entre laboratorios.

Incertidumbre de los participantes

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios						
°C	LCPNR-HR	H-18-20	H-18-22	H-18-27	H-18-30	H-18-26
10,0	0,30	0,36	1,0	1,3	0,3	1,10
20,0	0,30	0,48	0,9	1,3	0,3	1,10
30,0	0,50	0,50	0,9	1,3	0,3	1,10

Tabla N°7. Datos de la incertidumbre expandida, U, obtenidos por los participantes.

Con la tabla anterior se representa las siguientes graficas:

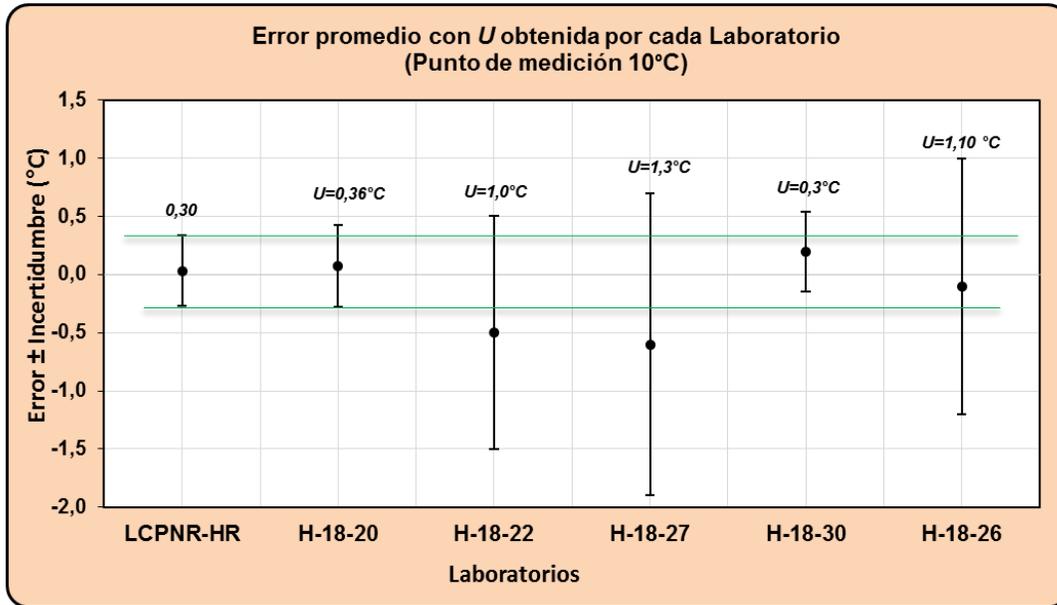


Gráfico 6. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre. (10 °C).

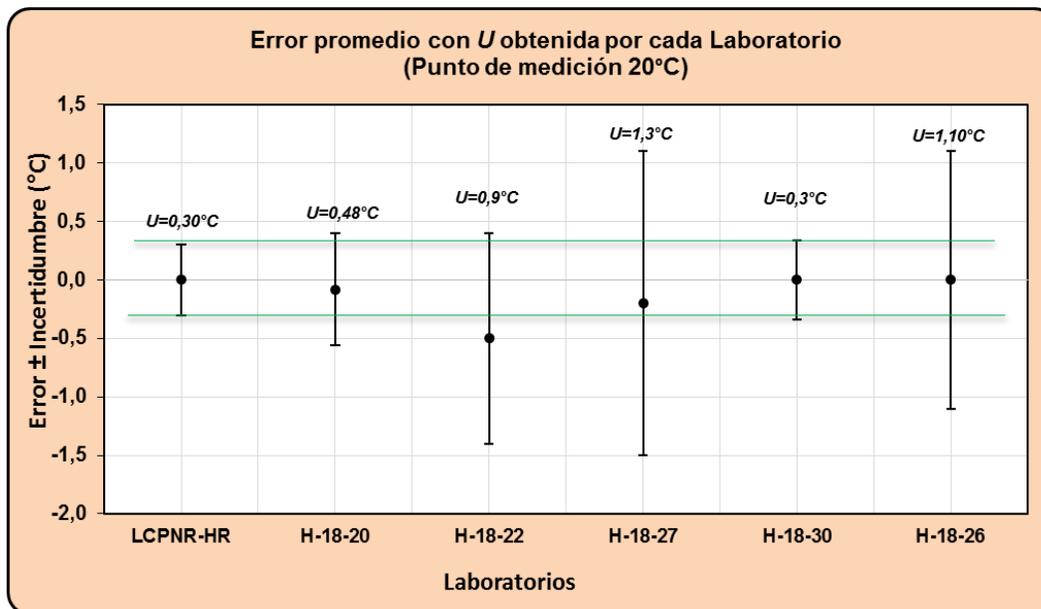


Gráfico 7. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre. (20 °C).

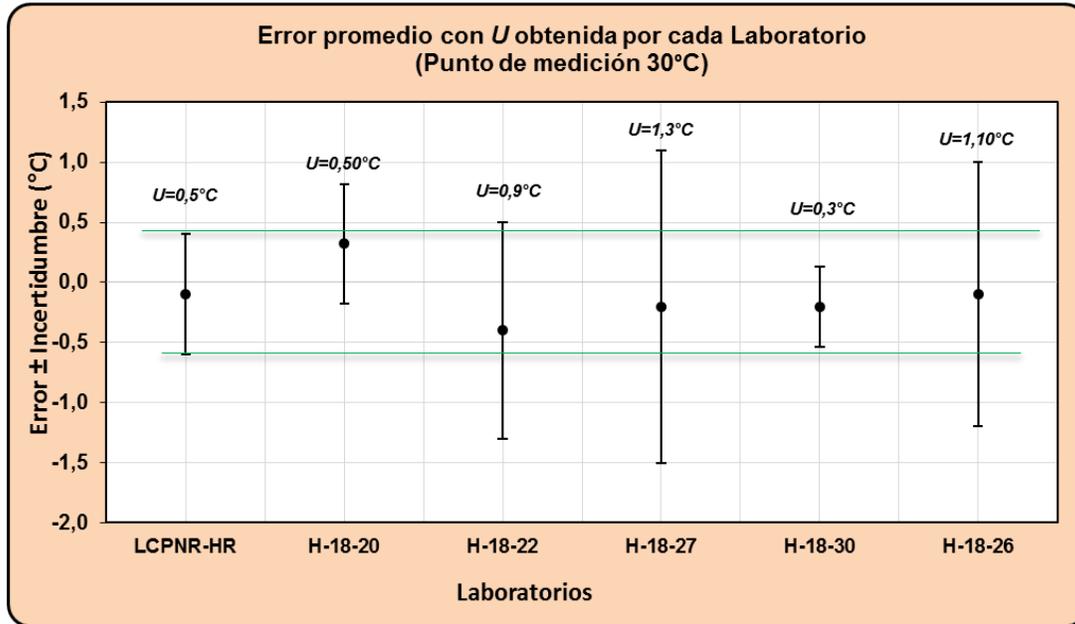


Gráfico 9. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre. (30 °C).

La siguiente tabla nos muestra el punto de calibración en Temperatura ambiental con mayor dispersión entre los resultados de los participantes:

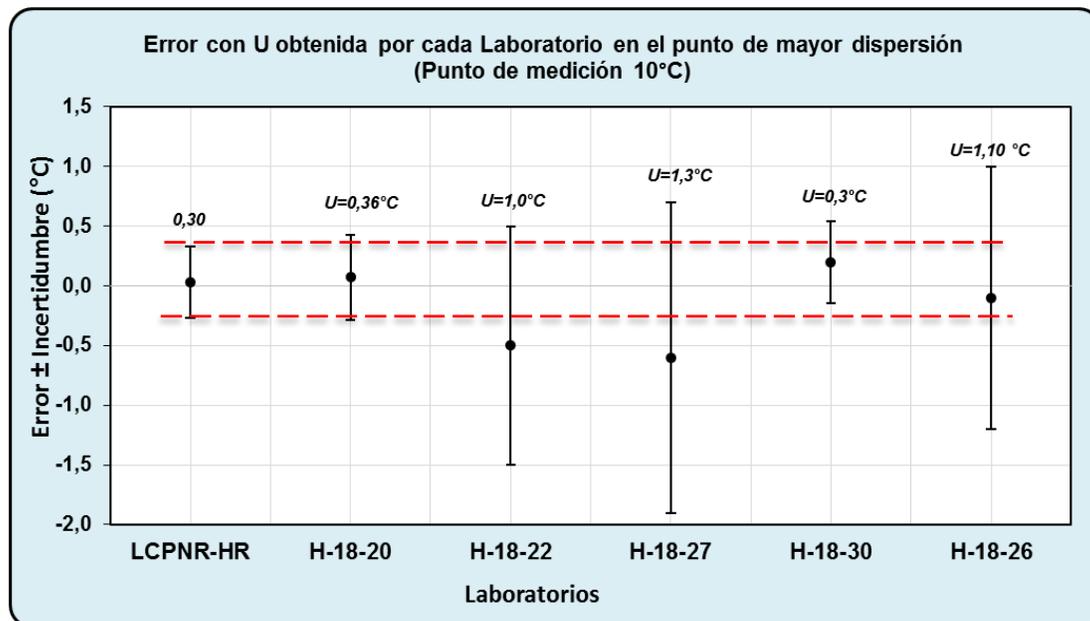


Gráfico 10. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de medición con mayor dispersión.

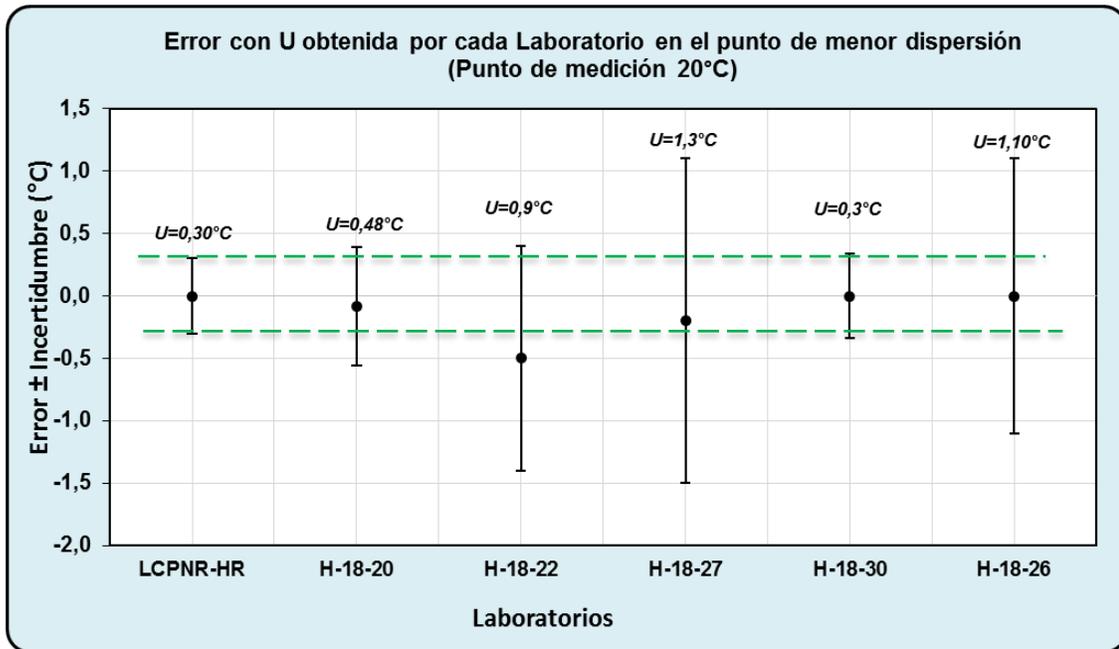


Gráfico 11. Datos de error promedio E, con incertidumbre expandida, U, en el punto de menor dispersión.

Evaluación de los resultados

Valor de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = \frac{E_{lab} - E_{ref}}{\sqrt{(U_{lab})^2 + (U_{ref})^2}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

E_{ref} = Error de la medición de referencia (LCPNR-HR).

U_{lab} = U expandida (k=2) de la medición del laboratorio participante.

U_{ref} = Incertidumbre expandida (k=2) de referencia (LCPNR-HR).

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$$|E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio}$$

$$|E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio}$$

Debe recordarse que para el cálculo del error normalizado, se agregó un componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del estándar de transferencia al presupuesto de incertidumbre del laboratorio de referencia, según la ecuación (2).

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

La siguiente tabla presenta los errores normalizados (En), de los laboratorios participantes:

VALOR NOMINAL NOMINAL (°C)	Error Promedio LCPNR-HR (°C)	ERROR DE LOS PARTICIPANTES				
		LAB H-18-20	LAB H-18-22	LAB H-18-27	LAB H-18-30	LAB H-18-26
10,0	0,03	0,07	-0,5	-0,6	0,2	-0,10
20,0	0,00	-0,08	-0,5	-0,2	0,0	0,00
30,0	-0,10	0,32	-0,4	-0,2	-0,2	-0,10

Tabla N°8 Error de los participantes

VALOR NOMINAL NOMINAL (°C)	u Promedio LCPNR-HR (°C)	u Deriva LCPNR-HR (°C)	U ref. LCPNR-HR (°C)	INCERTIDUMBRE DE LOS PARTICIPANTES				
				LAB H-18-20	LAB H-18-22	LAB H-18-27	LAB H-18-30	LAB H-18-26
10,0	0,30	0,06	0,32	0,36	1,0	1,3	0,3	1,10
20,0	0,30	0,06	0,32	0,48	0,9	1,3	0,3	1,10
30,0	0,50	0,06	0,51	0,50	0,9	1,3	0,3	1,10

Tabla N°9 Incertidumbre de todos los participantes

VALOR NOMINAL NOMINAL (°C)	CALCULO DE ERROR NORMALIZADO POR LABORATORIO				
	LAB H-18-20	LAB H-18-22	LAB H-18-27	LAB H-18-30	LAB H-18-26
10,0	0,08	0,51	0,47	0,35	0,12
20,0	0,14	0,52	0,15	0,00	0,00
30,0	0,59	0,29	0,07	0,16	0,00

Tabla N°10. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes
(en los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

GRAFICOS DE ERROR NORMALIZADO

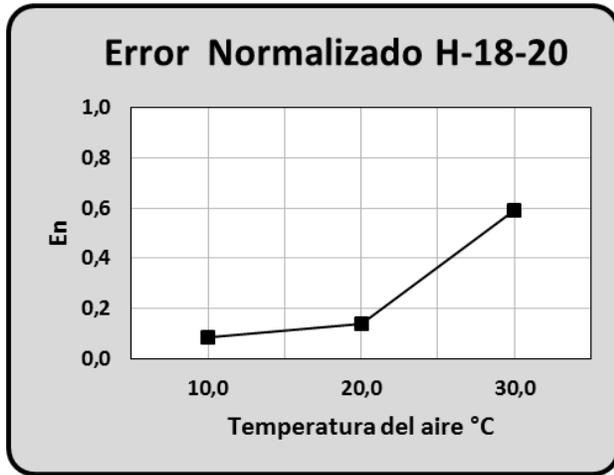


Grafico (a)

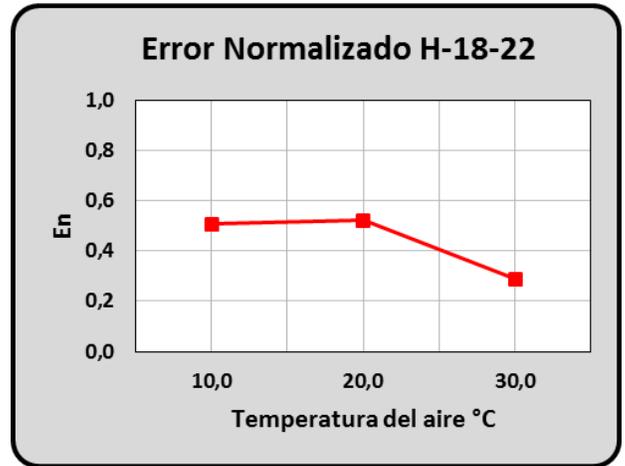


Grafico (b)

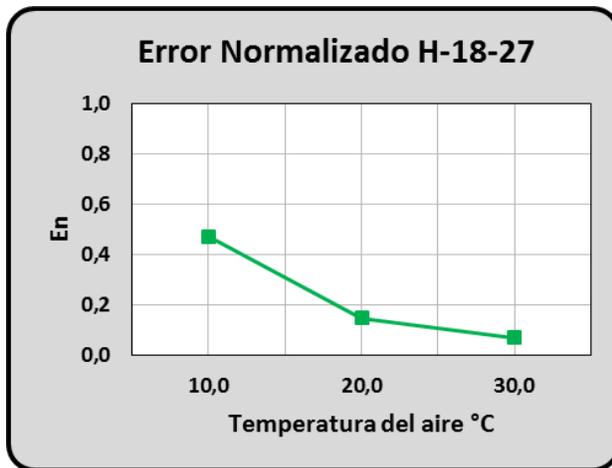


Grafico (c)

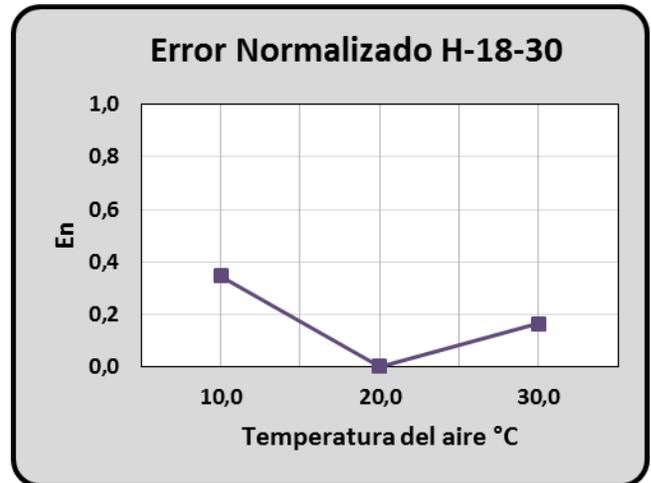


Grafico (d)

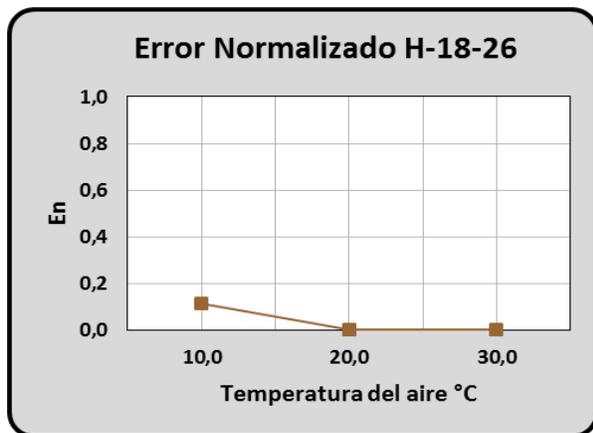


Grafico (e)

Gráfico 13. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

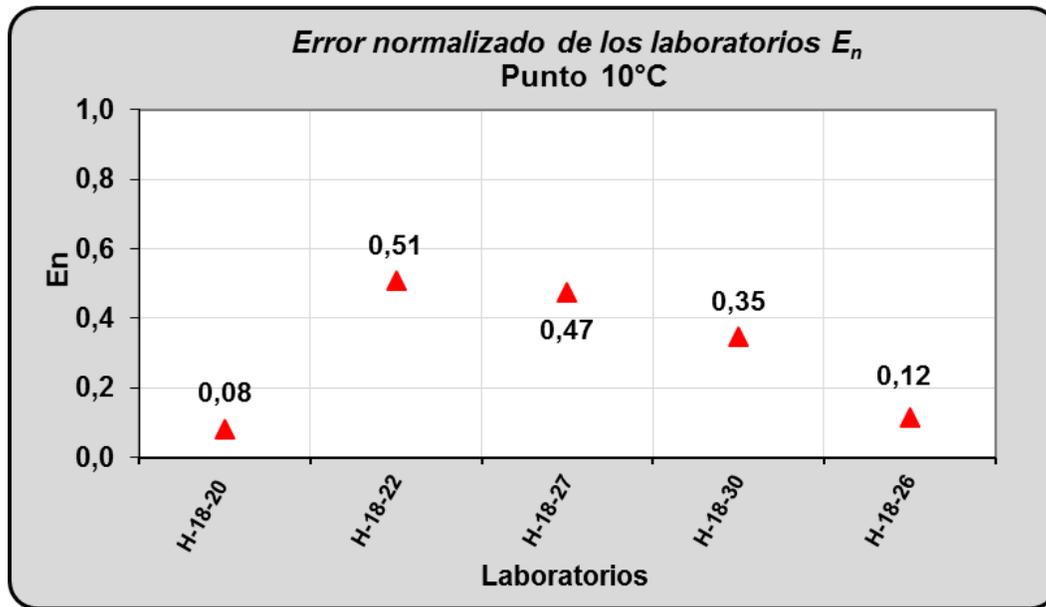


Gráfico 14. Errores normalizados en el punto de calibración 10 °C.

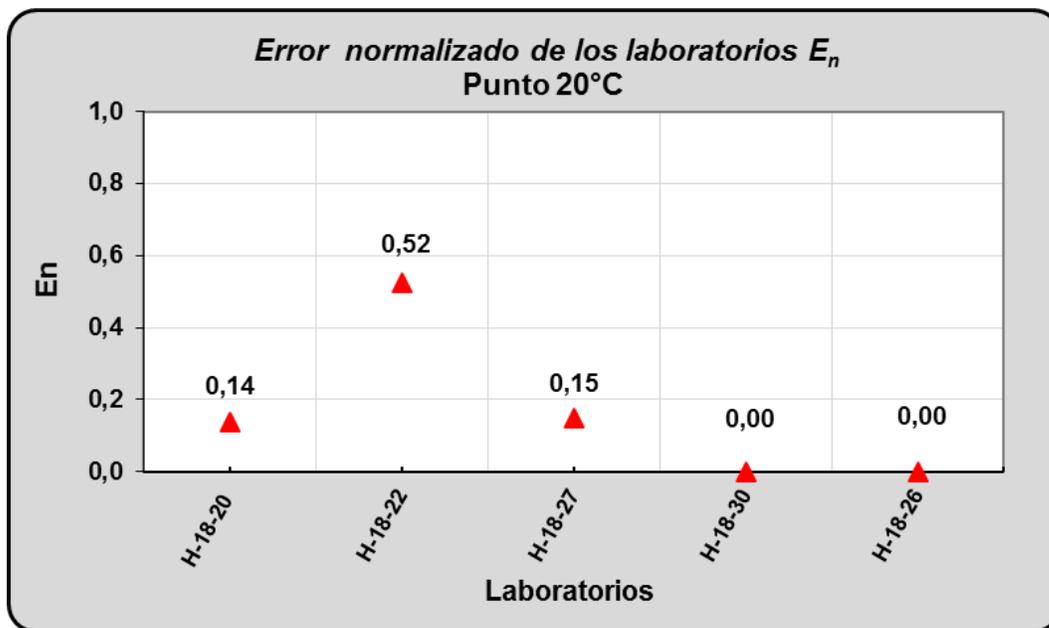


Gráfico 14. Errores normalizados en el punto de calibración 20°C.

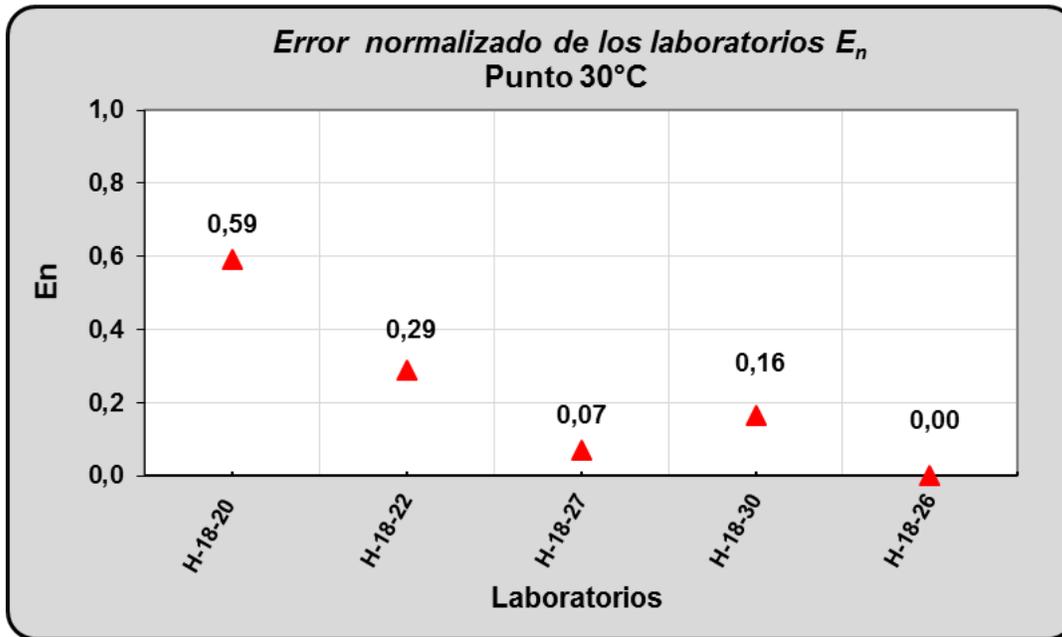


Gráfico 15. Errores normalizados en el punto de calibración 30 °C..

ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La siguiente tabla resume la evaluación de cada participante de acuerdo a la comparación nacional H-18:

Para la evaluación recordaremos el presupuesto de incertidumbre para esta comparación:

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2 [HR_p + C_R] + u^2 [\%HR_p]_{der} + u^2 [\%HR_{IBC}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hist}] + u^2 [\delta(\%HR)_{stb}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hmg}]}$$

Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	[HR _p + C _R]	[%HR _p] _{der}	[%HR _{IBC}]		δ(%HR) _{hist}	δ(%HR) _{stb}	δ(%HR) _{hmg}	U _{exp} (°C)	MCM
					REP	URES					
1	H-18-20	ok	*	*	ok	*	*	*	*	(0,36 a 0,50)	Sin dato
2	H-18-22	*	*	*	ok	ok	*	*	*	(0,9 a 1,0)	Sin dato
3	H-18-27	ok	*	*	ok	ok	*	*	*	(1,3)	Sin dato
4	H-18-30	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	(0,3)	Sin dato
5	H-18-26	ok	*	*	*	ok	*	*	*	(1,1)	Sin dato

Participante H-18-20

El participante presenta error en calculo de incertidumbre de su patrón de calibración (Patrón de calibración:0,5 °C.)

Punto 10°C Informado : 0,16 °C
Debe ser : 0,25°C.

Punto 20 °C Informado : 0,23 °C.
Debe ser : 0,25°C.

Punto 30 °C Informado : 0,24 °C.
Debe ser : 0,25°C.

El participante presenta Error en calculo de incertidumbre por deriva.

Informado : (Resolucion/√12)= 0,01/√12= 0,003 °C

Debe ser : (Deriva /√3= 0,5/√3 = 0,289 °C.

El participante presenta error en el calculo de incertidumbre por resolución:

Informado : 0,1/√3 = 0,06 °C.

Debe ser : 0.1/√12 = 0,029°C.

*El participante presenta el siguiente valor en la incertidumbre por histéresis:
 Informado : $(0/\sqrt{12})$ (en todos los puntos de calibración).
 Debe incorporar la contribución por incertidumbre de histéresis en el presupuesto.*

El valor de incertidumbre informado 0,05 °C para estabilidad y 0,01°C por homogeneidad es igual en cada punto de calibración lo que no representa el comportamiento real de un medio de generación sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad del medio de generación

Participante H-18-22

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

Los valores reportados por el laboratorio se indican con un asterisco sin visualizar alguna observación del laboratorio participante. (Referencia: Tabla N°6 Error promedio de los laboratorios participantes.

Temperatura del Patron <i>Temperature of the Standard</i> in °C	Temperatura del instrumento a calibrar <i>Temperature calibration object</i> in °C	Desviación de la indicación <i>Indication deviation</i> in °C	Incertidumbre de la medición (k=2) <i>Measuring uncertainty (k=2)</i> in °C
10,7	10,2	*-0,5	1,0
20,7	20,2	*-0,5	0,9
30,4	30,0	*-0,4	0,9

El participante presenta error en el calculo de incertidumbre de su patrón de calibración de acuerdo a su planilla de respaldo.

*Informado : 0,3 °C.
 Debe ser : 0,15 °C.*

El valor de incertidumbre informado para estabilidad y homogeneidad es igual en cada punto de calibración. lo que no representa el comportamiento real de un medio de generación sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad del medio de generación

Participante H-18-27

El participante presenta error en el calculo de incertidumbre de su patrón de calibración de acuerdo a su planilla de respaldo.

*Informado : $0,1/2 = 0,05$ °C.
 Debe ser : $0,3/2 = 0,15$ °C.*

*El participante presenta un valor de incertidumbre por histéresis sin su correspondiente respaldo.
Informado : 0,029 °C.*

El participante presenta el mismo valor de incertidumbre por estabilidad y gradiente en todos los puntos de calibración. lo que no representa el comportamiento real de un medio de generacion sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad del medio de generacion

Participante H-18-30

*El participante presenta un valor de incertidumbre por histéresis sin su correspondiente respaldo.
Informado : 0,06 °C.*

El valor de incertidumbre informado para estabilidad y homogeneidad es igual en cada punto de calibración. . lo que no representa el comportamiento real de un medio de generacion sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad del medio de generacion

Participante H-18-26

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados

El participante presenta error en el calculo de incertidumbre de su patrón de calibración de acuerdo a su planilla de respaldo.

*Informado : 1,0 °C.
Debe ser : $1,0/2 = 0,5$ °C.*

*El participante presenta Error en calculo de incertidumbre por deriva.
Informado : 0,2 °C
Debe ser : $0,2/\sqrt{3} = 0,115$ °C.*

El Participante debe incorporar incertidumbre por histeresis

El valor de incertidumbre informado para estabilidad y homogeneidad es igual en cada punto de calibración. . lo que no representa el comportamiento real de un medio de generacion sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad del medio de generacion

CONCLUSIONES RONDA H-18

Error Normalizado.

- Los siguientes participantes de acuerdo a su desempeño obtuvieron un error normalizado menor a 0,5:

H-18-20 (para 10 °C y 20°C)

H-18-22 (para 30°C)

H-18-27

H-18-30

H-18-26

- Los siguientes participantes de acuerdo a su desempeño obtuvieron un error normalizado mayor a 0,5:

H-18-20 (En punto de calibración de 30 °C)

H-18-22 (para 10 °C y 20°C)

*De los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ejercicio de acuerdo al criterio de cálculo de Error normalizado “**Ronda H-18**” integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:

- EL 100 % de los laboratorios obtienen un resultado **SATISFACTORIO**.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 5 laboratorios Participantes que presentaron resultados en éste ensayo de aptitud H-18 y la activa participación de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 8°edition, 2006.
- (3) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPNR-HR ENAER 2016.
- (4) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (5) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD HUMEDAD RELATIVA
INFORME B
COMPARACIÓN NACIONAL
H-18**

CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGROMETRO DIGITAL

Rango de medición: 23%HR a 85 % HR.

Medio de Generación: Sales.

octubre 2018 – diciembre 2018

ENSAYO DE APTITUD – HUMEDAD RELATIVA

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Carolina Martínez

Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-HUMEDAD RELATIVA), Chile.

Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.

Teléfonos 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966,

e-mails marcial.espinoza@enaer.cl antonio.monsalve@enaer.cl Carolina.martinez@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Humedad Relativa ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Pertenece a la Red Nacional de Metrología realizan el **Ensayo** de Aptitud 2018. Para ello se ha elegido un instrumento que permiten cubrir un rango que pueda ser calibrado por la mayoría de los laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Humedad Relativa y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo H-17. La comparación se llevó a cabo desde octubre de 2018 a diciembre de 2018. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un Termohigrómetro digital, el alcance de medición es de 0 % HR a 100 % HR., clase de exactitud del $\pm 1,5$ a $\pm 2,0\%$ del alcance de medición y una resolución de 0,1 % HR. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Humedad ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco de la Red de Metrología de Chile.

INTRODUCCION

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los laboratorios de Metrología, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una disseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a Ensayo de Aptitud 2018 íntegramente realizada entre los laboratorios de Humedad Relativa nacionales y el LCPN-Humedad Relativa de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. La participación en ésta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de la magnitud de Humedad Relativa entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud Humedad entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Al ensayo de aptitud 2018 lograron incorporarse 5 laboratorios participantes en la magnitud Humedad Relativa.

Laboratorio	Empresa	Contacto	Información
1	CERTLAB	Aliro Ramírez F.	Aliro.ramirezF@gmail.com
2	WSS. S.A.	Cristian Rivera M.	crivera@wss.cl
3	CIDE-USACH.	Mauricio Araya Castro.	Mauricio.araya@usach.cl
		Roberto Figueroa M.	Roberto.figueroa@usach.cl
4	Metrological Spa	Fernando Parra	metrological.gerencia@gmail.com
5	DICTUC	Patricia Suazo	psuazo@dictuc.cl
6	LCPNR-HR (ENAER)	Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl
		Antonio Monsalve Venegas	antonio.monsalve@enaer.cl

Tabla N° 1 Empresas participantes.

Puntos de calibración

Al ensayo de aptitud 2018 se realizaron los siguientes puntos de calibración:

<i>Laboratorio</i>	<i>Medio de Generación</i>	<i>Empresa</i>	<i>Puntos de calibración</i>
			<i>Humedad (%HR) @23°C</i>
1	Sales	CERTLAB	(23-33-59-75-85)
2	Sales	WSS. S.A.	(23-33-59-75-85)
3	Sales	CIDE-USACH	(23-33-59-75-85)
4	Sales	Metrological Spa	(23-33-59-75-85)
5	Sales	DICTUC	(23-33-59-75-85)

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional (Agosto 2018).

Tabla N°2. Empresas participantes con cámaras climáticas

Fechas para realizar las mediciones.

Los equipos fueron circulados de acuerdo al siguiente cronograma:

<i>Laboratorio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Fecha Tentativa</i>
1	LCPNR-HR (ENAER)	13/09/18 – 24/09/18 OK
2	CERTLAB	16/10/18 – 23/10/18
3	WSS	24/10/18 – 30/10/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	05/11/18 – 09/11/18 OK
4	USACH	12/11/18 – 16/11/18
5	Metrological Spa	19/11/18 – 23/11/18
6	DICTUC	26/11/18 – 30/11/18
5	Metrological Spa	03/12/18 – 07/12/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	07/12/18 – 14/12/18 OK

Tabla N° 3. Fechas de realización de la comparación.

Patrón Nacional

Como patrón Nacional se utilizó un Generador de Humedad de dos Presiones.

LCPNR-HR Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición % HR	Incertidumbre relativa , k=2
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	10 a 95	0,5 % a 0,8 % HR

Tabla 3.- Patrón Nacional.

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un termo higrómetro.

El instrumento fue facilitado por LCPNR-HR de ENAER. Las características del instrumento utilizado para el ejercicio correspondiente a la comparación se presentan en la siguiente tabla:

Marca	Modelo	Número de Serie	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución
Delta Ohm	Indicador : HD.2101.1R Sensor : HP472AC R	Indicador:17007116 Sensor: 18016402	± 1,5 %HR	0 %HR a 90 %HR	0,1 %
			± 2,0 %HR	90 %HR a 100 %HR	
			± 0,3 °C	-20 a 80 °C	0,1 °C

Tabla 4.- Patrón Viajero de comparación

Programa de la comparación

Resumen

La comparación se realizó en 6 etapas (3 mediciones del laboratorio piloto);

- (1) medición inicial piloto,
- (2) medición de 2 participantes (la primera mitad de ensayo Cámara climática),
- (3) medición intermedia piloto,
- (4) medición de 3 participantes (la segunda mitad de ensayo Cámara climática),
- (5) medición final para Cámara climática.

LCPNR-HR y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

Detalle del desarrollo de la Comparación

El siguiente esquema explica el desarrollo de la actividad

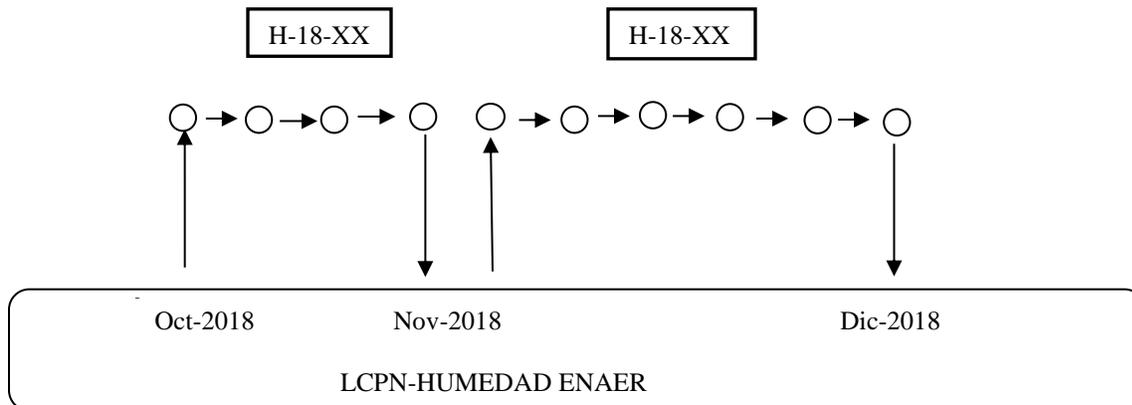


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

<i>Laboratorio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Fecha Tentativa</i>
1	LCPNR-HR (ENAER)	13/09/18 – 24/09/18 OK
2	CERTLAB	16/10/18 – 23/10/18
3	WSS	24/10/18 – 30/10/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	05/11/18 – 09/11/18 OK
4	USACH	12/11/18 – 16/11/18
5	Metrological Spa	19/11/18 – 23/11/18
6	DICTUC	26/11/18 – 30/11/18
5	Metrological Spa	03/12/18 – 07/12/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	07/12/18 – 14/12/18 OK

- a) Preparación. ENAER realizó la medición inicial. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación (13 al 24 de septiembre de 2018).
- b) Los 2 laboratorios participantes (CERTLAB-WSS) realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas (16 de octubre al 30 de octubre de 2018).
- c) El instrumento vuelve al LCPNR-HR, el piloto ejecuta la segunda medición al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (05 al 09 de noviembre de 2018).
- d) Se realizan las mediciones de los 4 laboratorios participantes del ensayo de aptitud H18 (USACH- METROLOGICAL SPA-DICTUC) en las fechas programadas (12 de noviembre al 07 de diciembre de 2018).
- e) El instrumento vuelve al LCPN-HR (3^{era} Medición) y el piloto ejecuta la medición final al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (07 de diciembre al 14 de diciembre de 2018)

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPN-HR de ENAER el 16 de mayo de 2019.

El 18 de junio de 2019 el LCPN-HR de ENAER emite un informe que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes y se hace llegar éste informe al INN (INFORME B)

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El patrón viajero fue calibrado en LCPNR-HR (ENAER) en 3 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla N° 3. En todos ellos, el mismo procedimiento de calibración, estándar de referencia y equipamiento fueron usados.

La siguiente fotografía muestra el montaje para la calibración:



Figura 2. Montaje para la calibración del patrón viajero.



Figura 2. Montaje del sensor al interior de la cámara útil.

El laboratorio de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación calibrándolo en 03 ocasiones. Los datos obtenidos se presentan gráficamente en el siguiente gráfico. Luego se presenta otro gráfico en donde se presenta el error promedio con su incertidumbre.

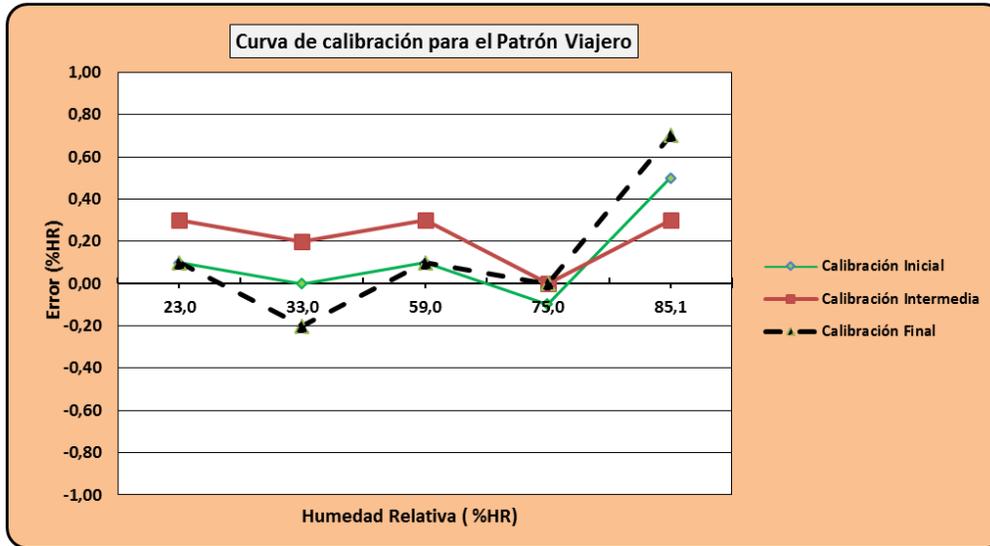


Gráfico 1. Curva de calibración del patrón viajero.

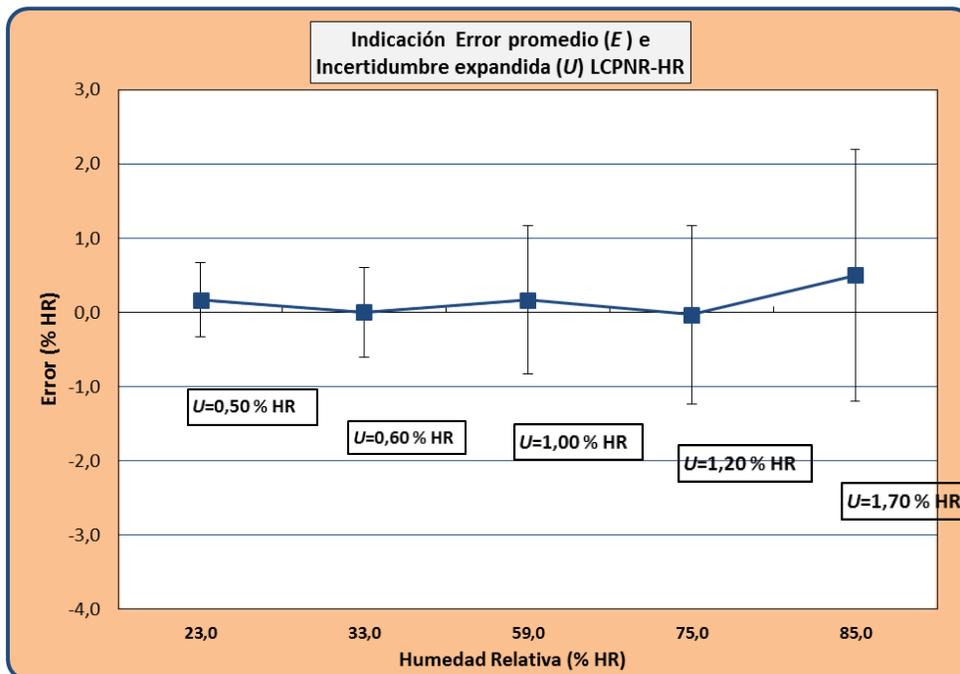


Gráfico 2. Error promedio, E, e incertidumbre expandida, U (k=2, 95%).

Incertidumbre de referencia

a) Estudio de Drift del instrumento viajero

La deriva del patrón viajero puede ser estimado en cada punto de comparación como la diferencia entre los errores de una calibración y la sucesiva. En la siguiente tabla se presenta los errores y las derivas entre las calibraciones inicial e intermedia (d_{1-2}) y entre la calibración intermedia y final (d_{2-3}).

T_{CAMARA} (°C)	Calibración Inicial				Calibración Intermedia				Calibración Final			
	RH_{Patron}	$RH_{DELTAOHM}$	E_1	U_1	RH_{Patron}	$RH_{DELTAOHM}$	E_2	U_2	RH_{Patron}	$RH_{DELTAOHM}$	E_3	U_3
23	23,00	23,10	0,10	0,50	23,00	23,30	0,30	0,50	22,70	22,80	0,10	0,50
	33,00	33,00	0,00	0,60	33,00	33,20	0,20	0,60	33,00	32,80	-0,20	0,60
	59,00	59,10	0,10	1,00	59,00	59,30	0,30	1,00	59,00	59,10	0,10	1,00
	75,00	74,90	-0,10	1,20	75,00	75,00	0,00	1,20	75,00	75,00	0,00	1,20
	85,10	85,60	0,50	1,70	85,00	85,30	0,30	1,70	85,00	85,70	0,70	1,70

Tabla N°4 Resultados de las 3 calibraciones del patrón viajero.

RH Nominal	Patrón Viajero (Delta Ohm)					
	E_1	E_2	d_{1-2}	E_2	E_3	d_{2-3}
23	0,10	0,30	-0,20	0,30	0,10	0,20
33	0,00	0,20	-0,20	0,20	-0,20	0,40
59	0,10	0,30	-0,20	0,30	0,10	0,20
75	-0,10	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,00
85	0,50	0,30	0,20	0,30	0,70	-0,40

Tabla N°5 Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.

Para el Ensayo de Aptitud, se utilizó la mayor deriva encontrada entre dos calibraciones sucesivas (0,40).

De acuerdo a la especificación técnica del fabricante, el instrumento presenta una deriva en humedad relativa de 0,1%HR/ año. Para el sensor HP472AC presenta una deriva de 0,02%HR/año.

Por lo tanto, es muy posible que estas diferencias sean debido a una incertidumbre por estabilidad más que a una deriva del patrón viajero. Por lo tanto, para el cálculo del error normalizado, un componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de una deriva del patrón viajero fue adicionada al presupuesto de incertidumbre del laboratorio de referencia, lo cual significa que la incertidumbre expandida de referencia será más alta que las calculadas por el laboratorio Piloto.

Para propósitos de esta comparación; la deriva será evaluada como una distribución rectangular tipo B; la evaluación entonces es:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

Datos de las mediciones

En la Tabla 6 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio E, y en la tabla 4 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de presión nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPNR-HR, para el error y la incertidumbre combinada, son el promedio de las lecturas realizadas de las tres diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPNR-HR.

$$E_{\text{Enaer}} = (E1 + E2 + E3) / 3$$

$$U_{\text{Enaer}} = (U1 + U2 + U3) / 3$$

Error Promedio de los participantes

Datos Error Promedio Laboratorios						
%HR	LCPNR-HR	H-18-20	H-18-22 (Nota 1)	H-18- 27	H-18- 30	H-18-26
23,0	0,17	0,12	N.R.	-1,0	0,0	N.R.
33,0	0,00	-0,02	*-1,5	-0,7	N.R.	0,00
59,0	0,17	1,02	1,7	0,3	N.R.	1,62
75,0	-0,03	1,09	1,6	-0,4	0,5	1,40
85,0	0,50	1,40	N.R.	-0,2	N.R.	N.R.

N.R: No reportado.

Nota 1: El Laboratorio reporta el error asterisco. No se evidencia el motivo de esto en la planilla de respaldo.

Tabla N°6 Error promedio de los laboratorios participantes.

GRAFICOS

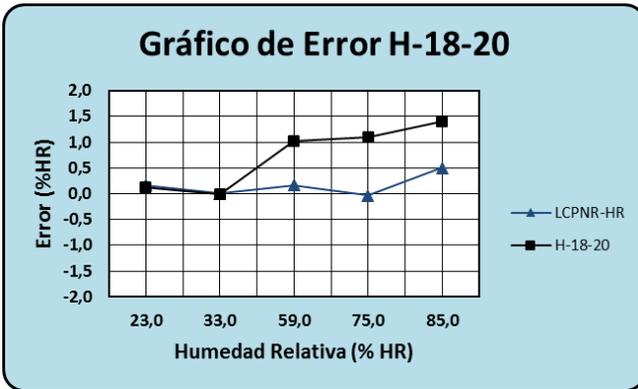


Grafico (a)

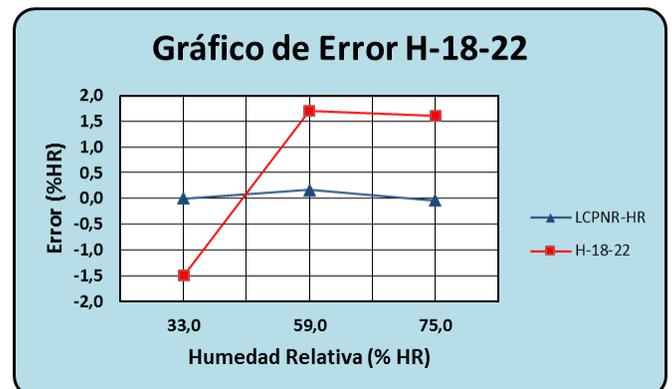


Grafico (b)

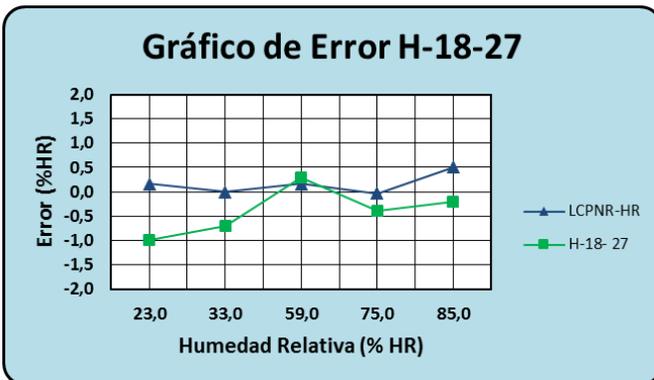


Grafico (c)

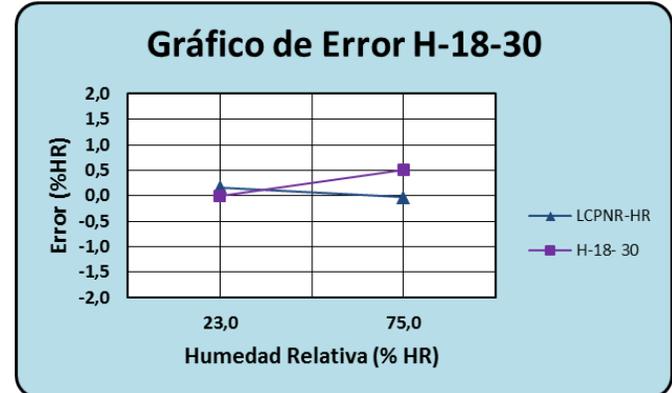


Grafico (d)

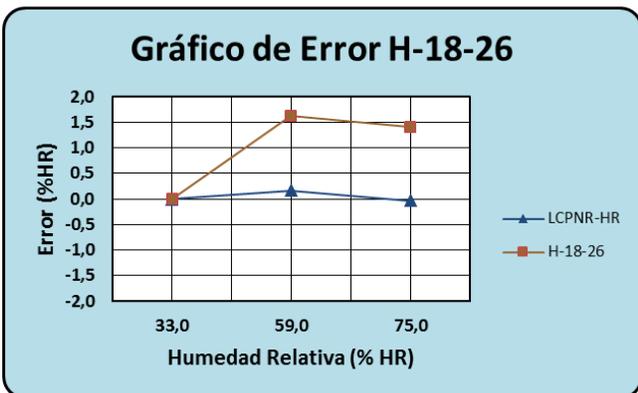


Grafico (e)

Gráfico 3. Individuales Error de cada participante con LCPNR-HR

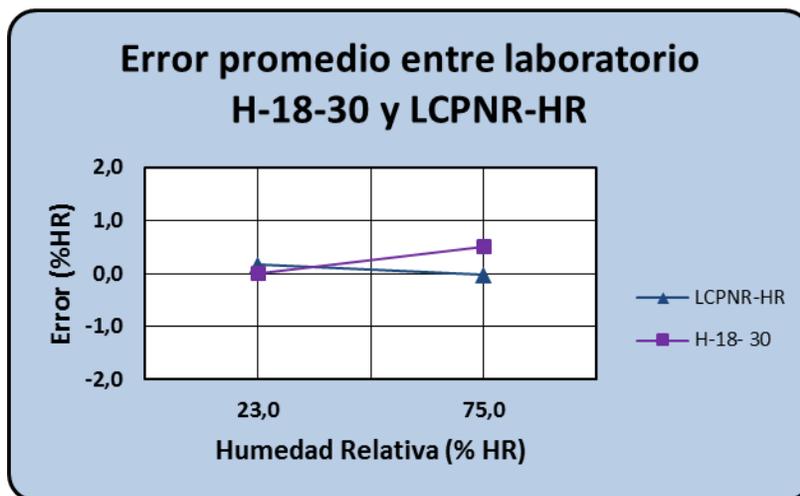
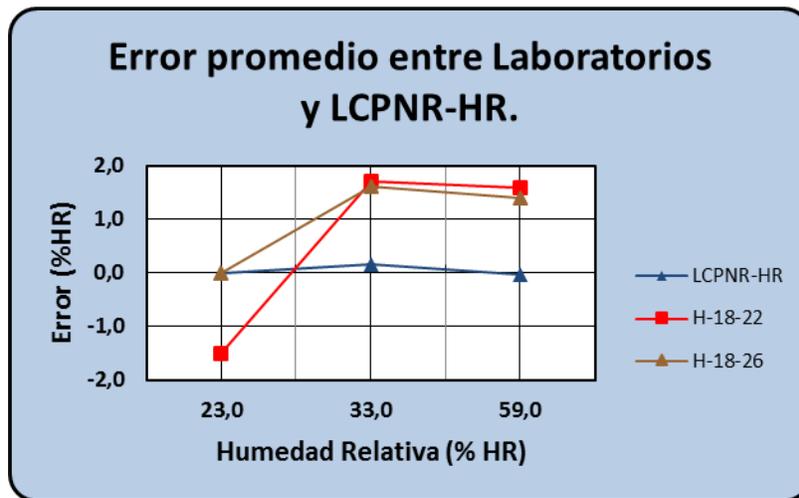
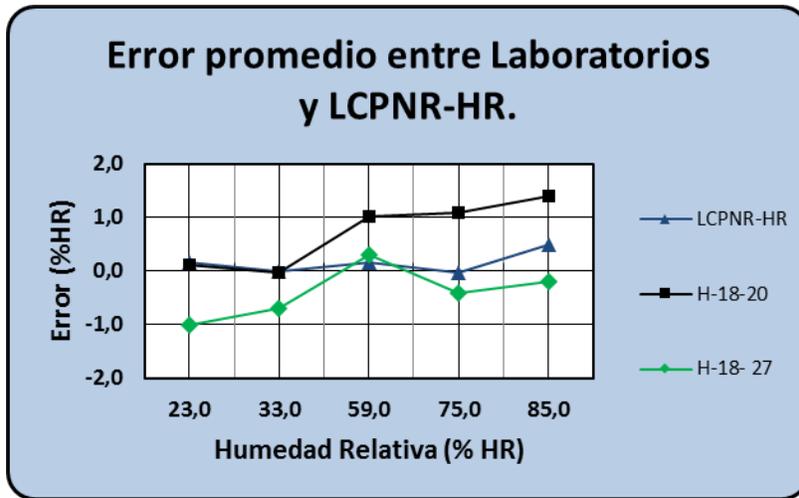


Grafico 4. Error promedio entre laboratorios.

Incertidumbre de los participantes

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios						
%HR	LCPNR-HR	H-18-20	H-18-22	H-18-27	H-18-30	H-18-26
23,0	0,50	5,69	N.R.	1,0	5,9	N.R.
33,0	0,60	5,78	4,6	1,3	N.R.	5,8
59,0	1,00	5,80	4,8	1,8	N.R.	5,8
75,0	1,20	5,11	5,0	2,2	6,2	5,8
85,0	1,70	5,37	N.R.	3,0	N.R.	N.R.

Nota: N.R.= No reportada.

Tabla N°7. Datos de la incertidumbre expandida, U, obtenidos por los participantes.

Con la tabla anterior se representa las siguientes graficas:

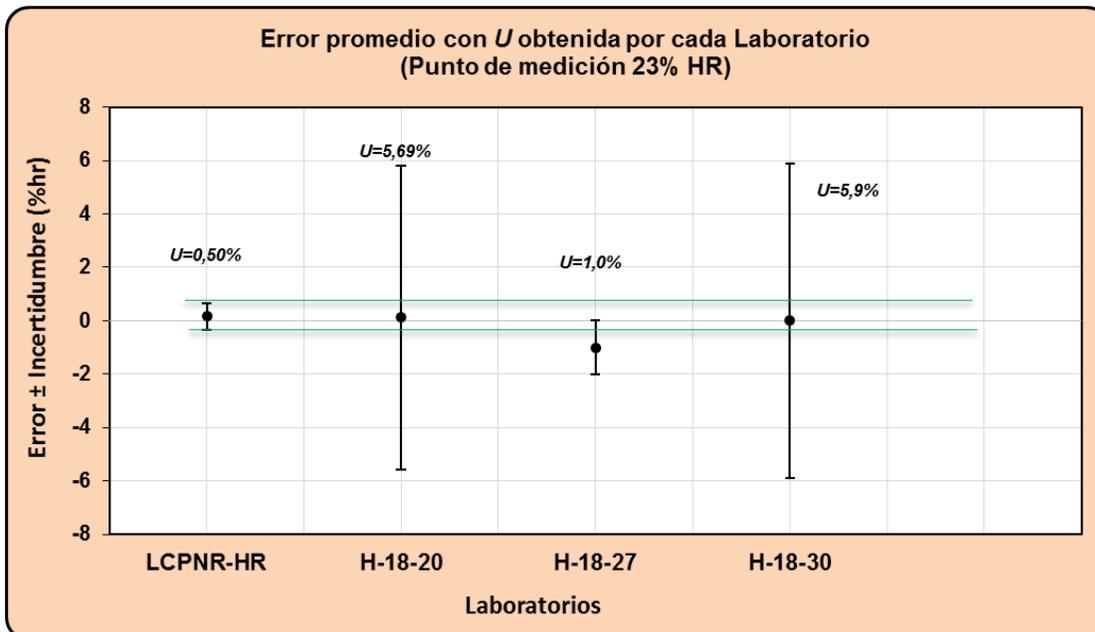


Gráfico 6. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre. (23% HR).

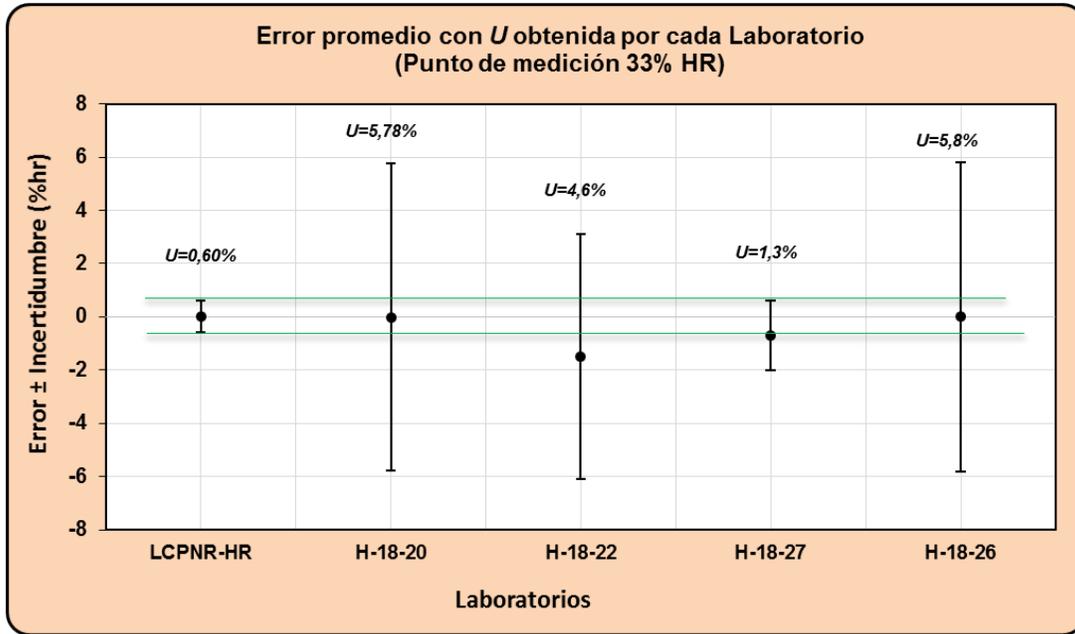


Gráfico 7. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre. (33% HR).

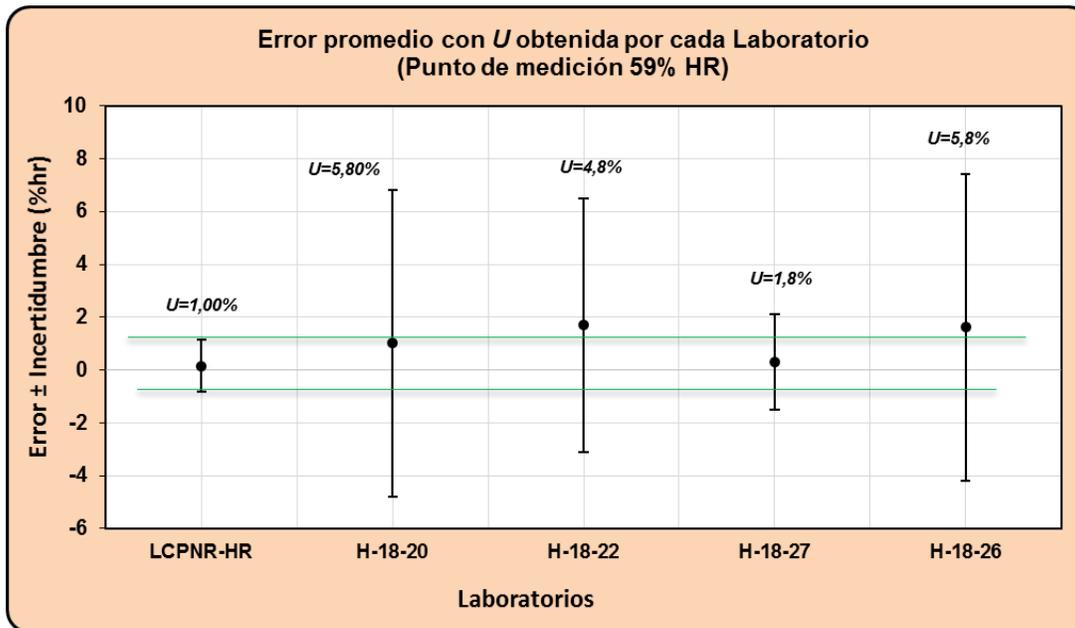


Gráfico 8. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre. (59% HR).

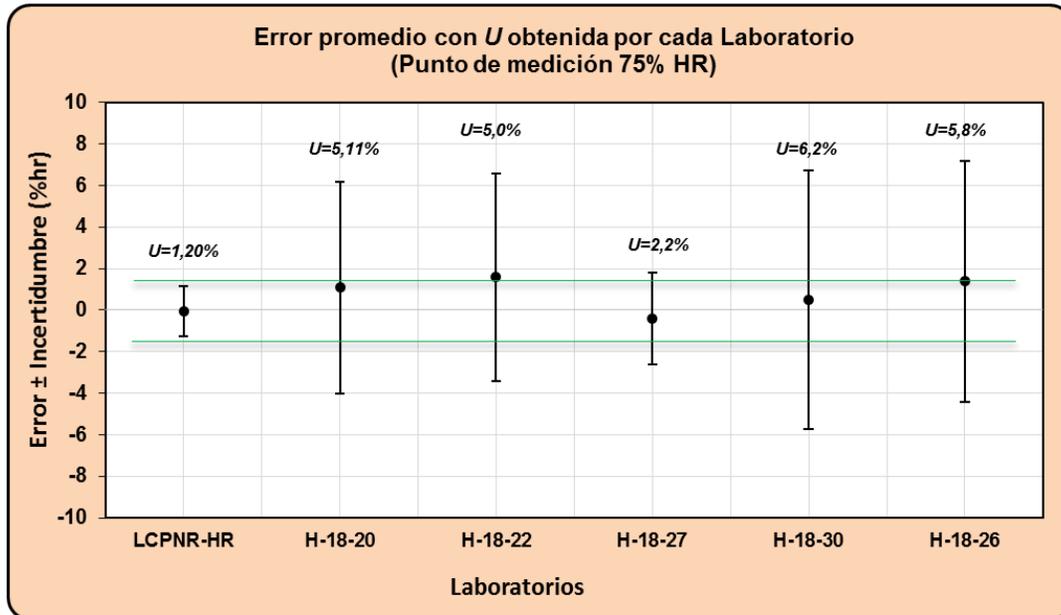


Grafico 9. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre. (75% HR).

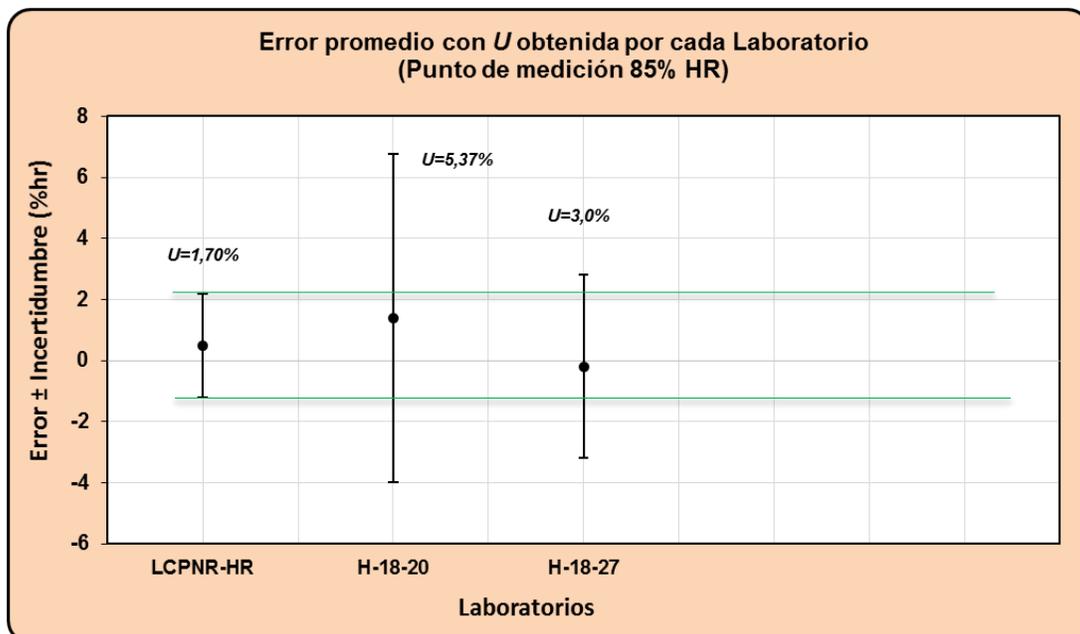


Grafico 10. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (85% HR).

La siguiente tabla nos muestra el punto de calibración en Humedad con mayor dispersión entre los resultados de los participantes:

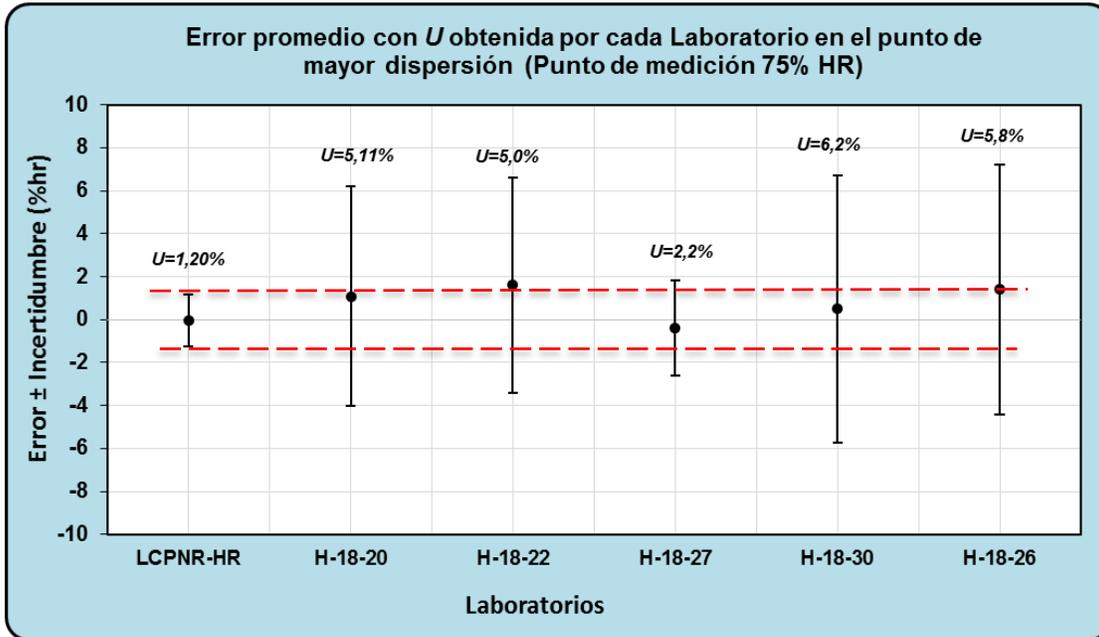


Gráfico 11. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de medición con mayor dispersión

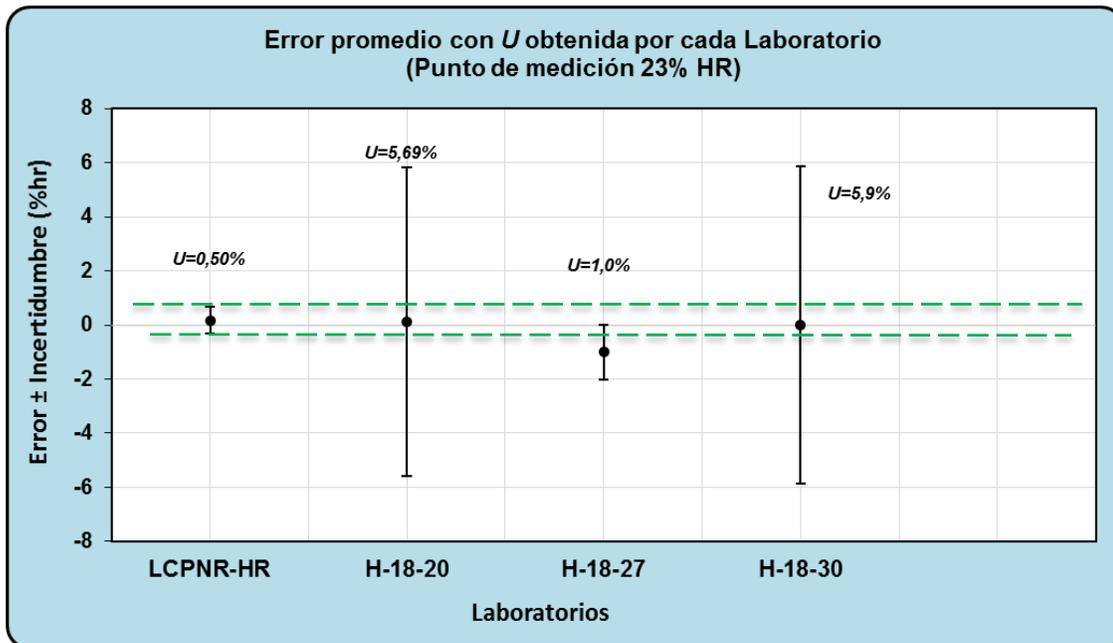


Gráfico 12. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de menor dispersión

Evaluación de los resultados

Valor de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = \frac{E_{lab} - E_{ref}}{\sqrt{(U_{lab})^2 + (U_{ref})^2}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

E_{ref} = Error de la medición de referencia (LCPNR-HR).

U_{lab} = U expandida ($k=2$) del error de la medición del laboratorio participante.

U_{ref} = Incertidumbre expandida ($k=2$) de referencia (LCPNR-HR).

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$$|E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio}$$

$$|E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio}$$

Debe recordarse que para el cálculo del error normalizado, se agregó un componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del estándar de transferencia al presupuesto de incertidumbre del laboratorio de referencia, según la ecuación (2).

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

La siguiente tabla presenta los errores normalizados (En), de los laboratorios participantes:

VALOR NOMINAL NOMINAL (%HR)	Error Promedio LCPNR-HR	ERROR DE LOS PARTICIPANTES				
		LAB H-18-20	LAB H-18-22	LAB H-18-27	LAB H-18-30	LAB H-18-26
23,0	0,17	0,12	-----	-1,0	0,0	-----
33,0	0,00	-0,02	-1,5	-0,7	-----	0,00
59,0	0,17	1,02	1,7	0,3	-----	1,62
75,0	-0,03	1,09	1,6	-0,4	0,5	1,40
85,0	0,50	1,40	-----	-0,2	-----	-----

Tabla N°8 Error de los participantes

VALOR NOMINAL NOMINAL (%HR)	u Promedio LCPNR-HR	u Deriva LCPNR-HR	U ref LCPNR-HR	INCERTIDUMBRE DE LOS PARTICIPANTES				
				LAB H-18-20	LAB H-18-22	LAB H-18-27	LAB H-18-30	LAB H-18-26
23,0	0,50	0,23	0,68	5,69	-----	1,0	5,9	-----
33,0	0,60	0,23	0,76	5,78	4,6	1,3	-----	5,80
59,0	1,00	0,23	1,10	5,80	4,8	1,8	-----	5,80
75,0	1,20	0,23	1,29	5,11	5,0	2,2	6,2	5,80
85,0	1,70	0,23	1,76	5,37	-----	3,0	-----	-----

Tabla N°9 Incertidumbre de todos los participantes

VALOR NOMINAL NOMINAL (%HR)	CALCULO DE ERROR NORMALIZADO POR LABORATORIO				
	LAB H-18-20	LAB H-18-22	LAB H-18-27	LAB H-18-30	LAB H-18-26
23,0	0,01	-----	0,96	0,03	-----
33,0	0,00	0,32	0,47	-----	0,00
59,0	0,14	0,31	0,06	-----	0,25
75,0	0,21	0,32	0,14	0,08	0,24
85,0	0,16	-----	0,20	-----	-----

Tabla N°10. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes (en los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

GRAFICOS DE ERROR NORMALIZADO

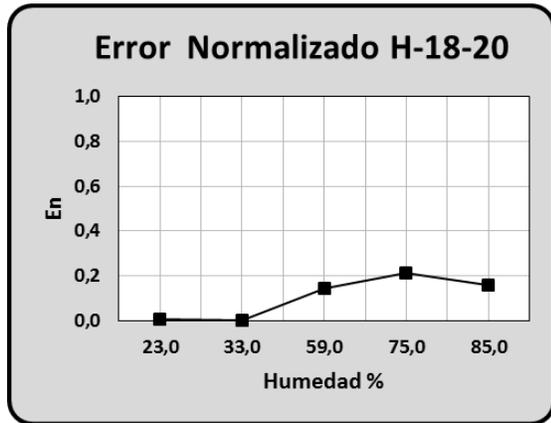


Grafico (a)

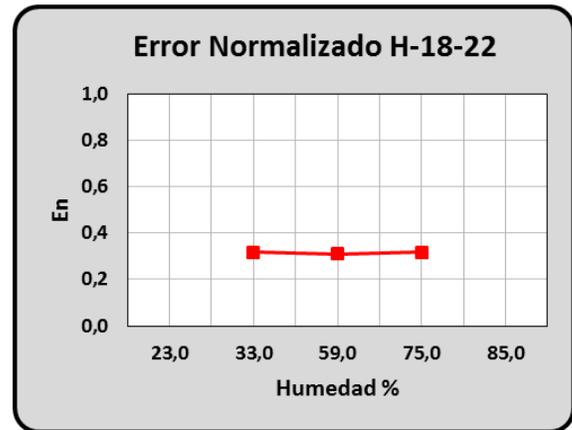


Grafico (b)

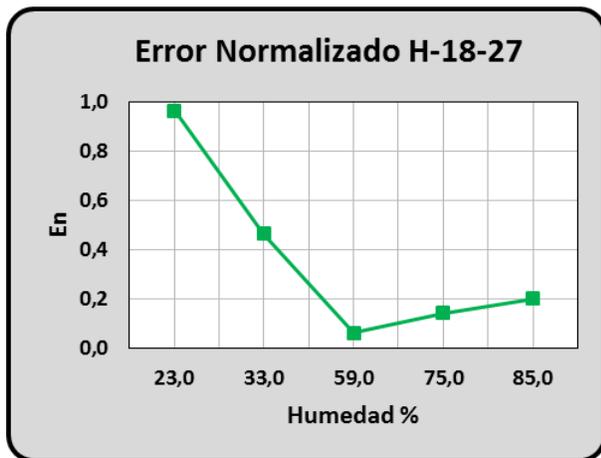


Grafico (c)

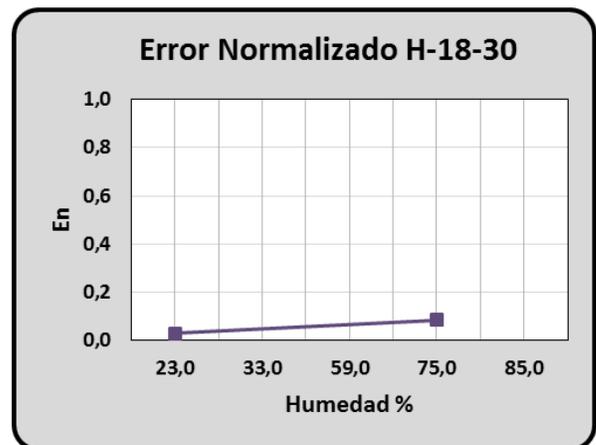


Grafico (d)

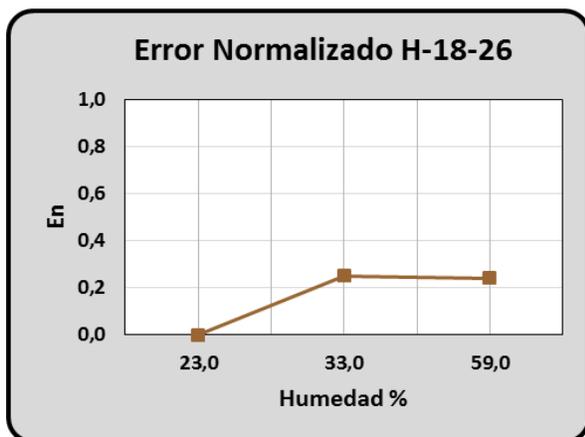


Grafico (e)

Gráfico 13. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

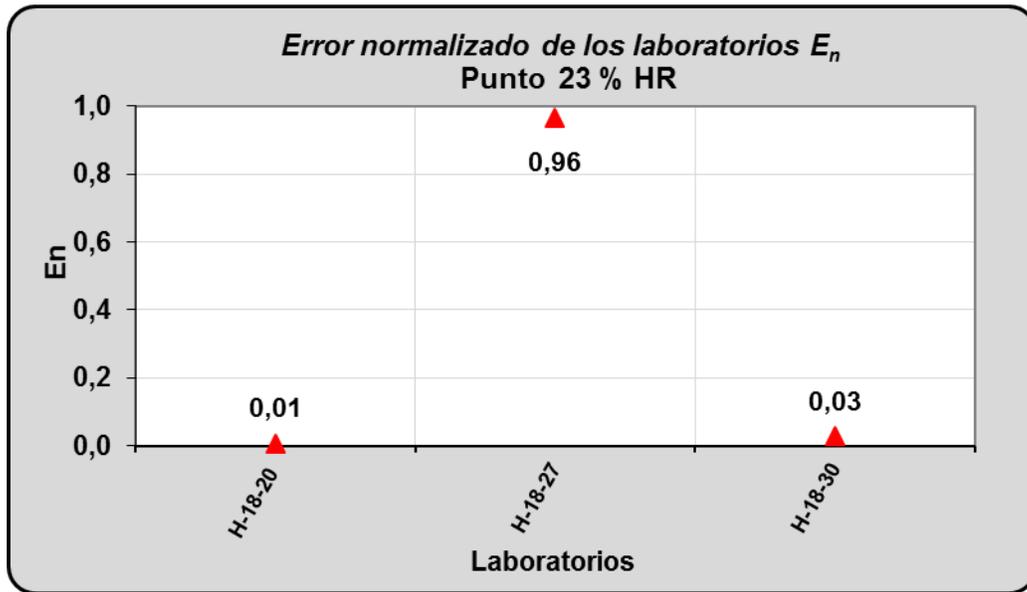


Gráfico 14. Errores normalizados en el punto de calibración 23 % HR.

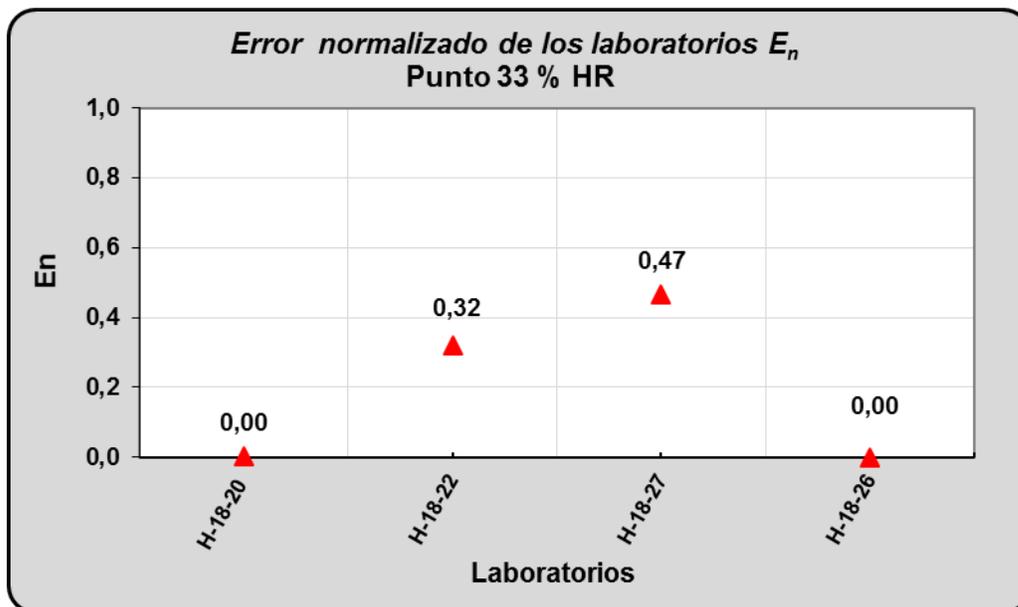


Gráfico 14. Errores normalizados en el punto de calibración 33 % HR.

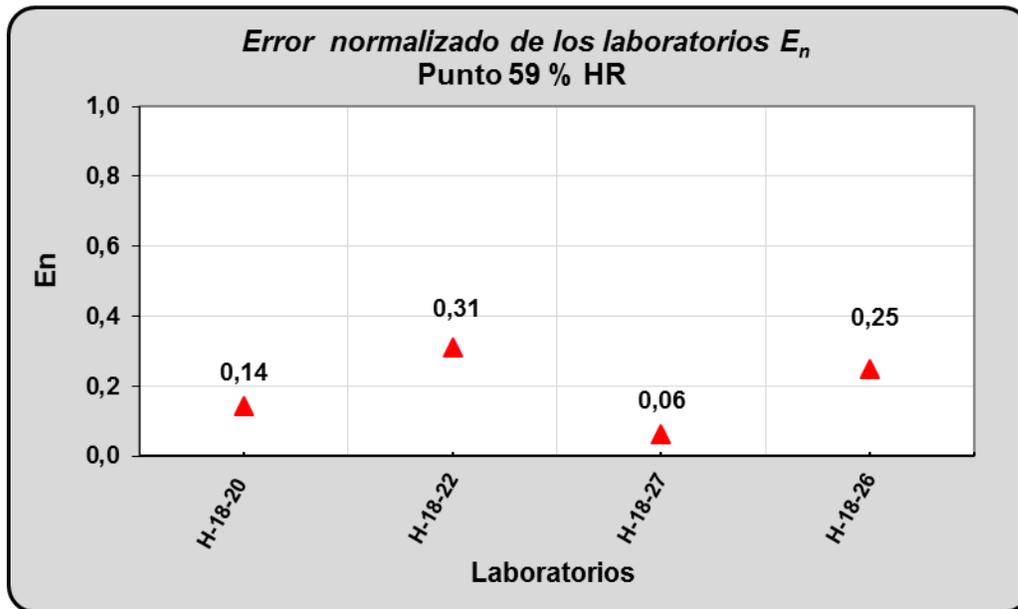


Gráfico 15. Errores normalizados en el punto de calibración 59 % HR.

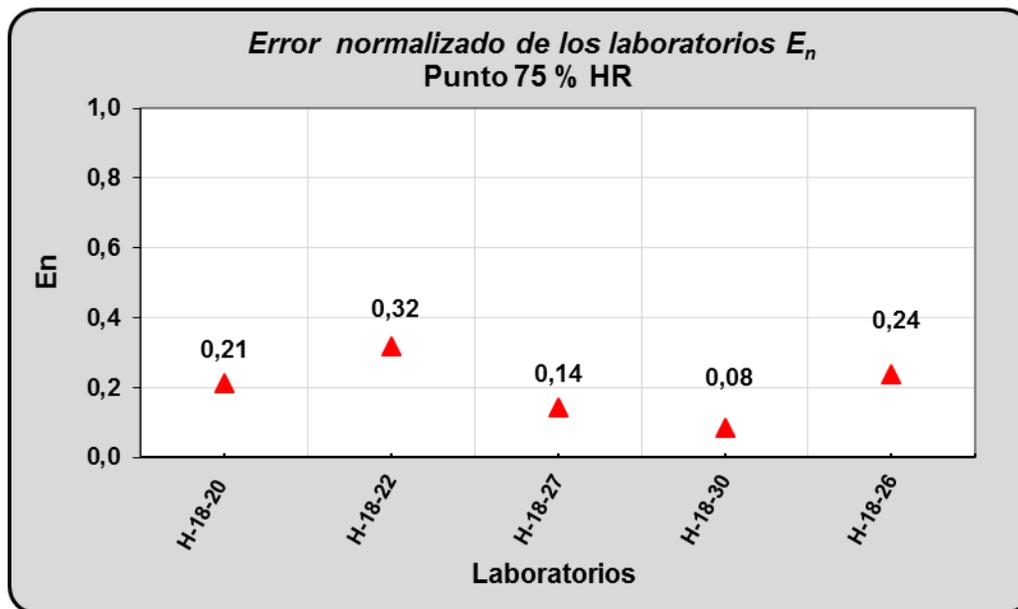


Gráfico 16. Errores normalizados en el punto de calibración 75 % HR.

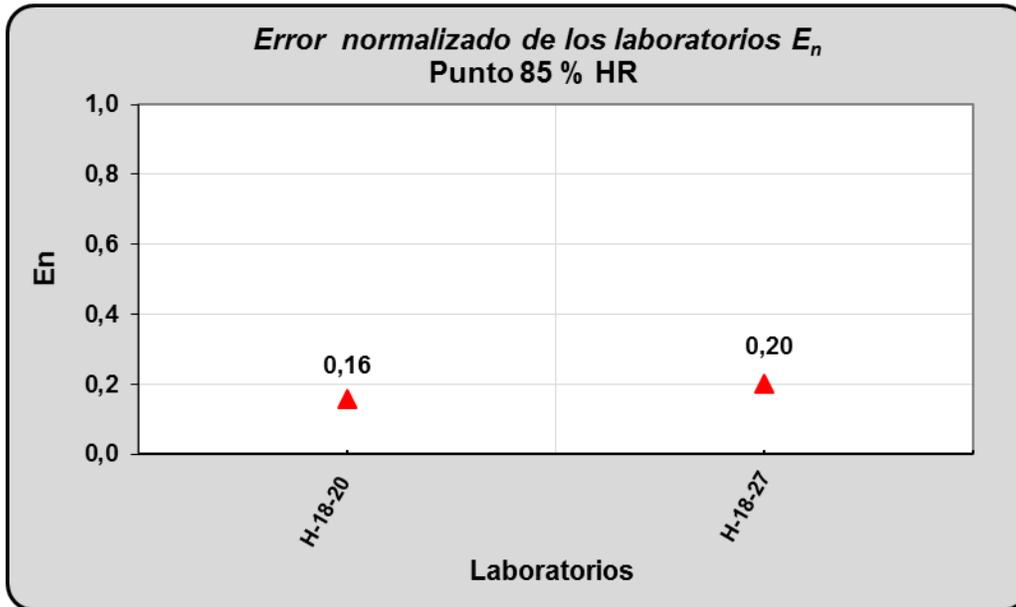


Gráfico 17. Errores normalizados en el punto de calibración 85 % HR.

ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La siguiente tabla resume la evaluación de cada participante de acuerdo a la comparación nacional H-18:

Para la evaluación recordaremos el presupuesto de incertidumbre para esta comparación:

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2 [HR_p + C_R] + u^2 [\%HR_p]_{der} + u^2 [\%HR_{IBC}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hist}] + u^2 [\delta(\%HR)_{stb}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hmg}]}$$

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	$[HR_p + C_R]$	$[\%HR_p]_{der}$	$[\%HR_{IBC}]$		$\delta(\%HR)_{hist}$	$\delta(\%HR)_{stb}$	$\delta(\%HR)_{hmg}$	U_{exp} (% HR)	MCM
					REP	URES					
1	H-18-20	ok	*	*	ok	ok	*	*	*	(5,11 a 5,80)	Sin dato
2	H-18-22	*	ok	*	ok	*	*	*	*	(4,6 a 5,0)	Sin dato
3	H-18-27	ok	ok	*	ok	ok	*	*	*	(1,0 a 3,0)	Sin dato
4	H-18-30	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	(5,9 a 6,2)	Sin dato
5	H-18-26	ok	ok	*	*	*	*	*	*	(5,8)	Sin dato

Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

Participante H-18-20

El participante presenta error en calculo de incertidumbre de su patrón de calibración (Patrón de calibración:5 % HR.)

Punto 23% HR Informado : 2,40
Debe ser : 2,5 %HR.

Punto 33% HR Informado : 2,45
Debe ser : 2,5 %HR.

Punto 59% HR Informado : 2,47
Debe ser : 2,5 %HR.

Punto 75% HR Informado : 2,05
Debe ser : 2,5 %HR.

Punto 75% HR Informado : 2,20
Debe ser : 2,5 %HR

El participante presenta Error en calculo de incertidumbre por deriva.

Informado : $(5/\sqrt{12})$

Debe ser : $(5/\sqrt{3})$.

El participante presenta el siguiente valor en la incertidumbre por histéresis:

Informado : $(0/\sqrt{12})$ (en todos los puntos de calibración).

Debe incorporar la contribución por incertidumbre de histéresis en el presupuesto.

El participante presenta el siguiente valor en la incertidumbre por estabilidad en todos los puntos de calibración:

Informado : $(1/2)$ Se recomienda consultar guía DKD-R 5-7, donde se discute la forma de evaluar las contribuciones por estabilidad y homogeneidad o gradiente.

El participante presenta el siguiente valor en la incertidumbre por homogeneidad en todos los puntos de calibración:

Informado : $(0,01)$

De acuerdo a la experiencia es un presupuesto subvalorado

Participante H-18-22

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

*El valor de desviación reportado por el laboratorio en el punto de calibración del 33 % HR es el siguiente:
-1,5.

El participante presenta error en el calculo de incertidumbre por deriva de acuerdo al valor presentado en la planilla de respaldo (deriva:0,87%).

Informado : 0,4 % HR

Debe ser : $0,87/\sqrt{3}= 0,50 \%HR$.

El participante presenta error en calculo de incertidumbre por resolución.

Informado : 0,3.

Debe ser : $0,1/\sqrt{12} = 0,029 \%HR$.

*El participante presenta el valor de *-0,1 en la incertidumbre por histéresis; Este valor no se encuentra en el respaldo de la planilla del Laboratorio participante.*

Informado : $(-0,1)$*

El participante presenta error en el cálculo de incertidumbre total de acuerdo a la siguiente tabla:

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	<i>U total (informada)</i>	<i>U total (calculada)</i>
33	4,6	3,8
59	4,8	3,9
75	4,9	4,1

Nota: La incertidumbre calculada es de acuerdo a los valores presentados por el laboratorio participante.

Participante H-18-27

El participante presenta un valor de Histeresis de 0,5%. Este valor no es respaldado en su planilla de respaldo.

El participante presenta error en el cálculo de incertidumbre por deriva de acuerdo al valor presentado en la planilla de respaldo (deriva:0,25%).

Informado : 0,125 % HR

Debe ser : $0,25/\sqrt{3} = 0,144$ %HR.

El participante determina la incertidumbre por estabilidad y gradiente de acuerdo a las mediciones de su instrumento patrón. Se recomienda consulta guía DKD-R 5-7, sección 8, donde se discute la forma de evaluar las contribuciones por estabilidad y homogeneidad o gradiente.

Participante H-18-30

El valor de incertidumbre informado para estabilidad y homogeneidad es igual en cada punto de calibración, lo que no representa la realidad de un medio de generación salina

El participante presenta un valor de Histeresis de 2,6%. Este valor no es respaldado en su planilla de cálculo.

El participante presenta el mismo valor de incertidumbre tanto para estabilidad como Homogeneidad. Se recomienda consulta guía DKD-R 5-7, sección 8, donde se discute la forma de evaluar las contribuciones por estabilidad y homogeneidad o gradiente.

Participante H-18-26

Reporta sólo los valores finales de calibración sin los datos de los protocolos de calibración.

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

El participante presenta error en el calculo de incertidumbre por deriva de acuerdo al valor presentado en la planilla de respaldo

Informado : 0,52 % HR

Debe ser : $0,52/\sqrt{3} = 0,30$ %HR.

El participante presenta error en calculo de incertidumbre por resolución.

Informado : 0,001 % HR.

Debe ser : $0,1/\sqrt{12} = 0,029$ %HR.

El participante presenta el siguiente valor en la incertidumbre por repetibilidad:

Informado : 0 (en todos los puntos de calibración).

Debe incorporar la contribución por incertidumbre de repetibilidad en el presupuesto.

El participante presenta el siguiente valor en la incertidumbre por histéresis:

Informado : 0 (en todos los puntos de calibración).

Debe incorporar la contribución por incertidumbre de histéresis en el presupuesto

El participante presenta el siguiente valor en la incertidumbre por estabilidad y homogeneidad:

Informado : 0,5 (en todos los puntos de calibración).

Se recomienda consulta guía DKD-R 5-7, sección 8, donde se discute la forma de evaluar las contribuciones por estabilidad y homogeneidad o gradiente.

El participante presenta error en el calculo de incertidumbre total de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (%HR)	U_{total} (informada)	U_{total} (calculada)
33	5,8	5,23
59	5,8	5,23
75	5,8	5,23

Nota: La incertidumbre calculada es de acuerdo a los valores presentados por el laboratorio participante.

CONCLUSIONES RONDA H-18

Error Normalizado.

- Los siguientes participantes de acuerdo a su desempeño obtuvieron un error normalizado menor a 0,5:

H-18-20

H-18-22

H-18-27 (En los puntos de calibración 33, 59, 75 y 85% HR.)

H-18-30

H-18-26

- El siguiente participante de acuerdo a su desempeño obtuvo un error normalizado mayor a 0,5:

H-18-27 (En punto de calibración de 23% HR)

*De los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ejercicio de acuerdo al criterio de cálculo de Error normalizado “**Ronda H-18**” integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:

- EL 100 % de los laboratorios obtienen un resultado **SATISFACTORIO** de acuerdo al criterio del error normalizado (≤ 1)

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 5 laboratorios Participantes que presentaron resultados en éste ensayo de aptitud H-18 y la activa participación de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 8^oedition, 2006.
- (3) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPNR-HR ENAER 2016.
- (4) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (5) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD TEMPERATURA AMBIENTAL
INFORME B
COMPARACIÓN NACIONAL
H-18**

CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGROMETRO DIGITAL

Rango de medición: (10°C a 30 °C) @ 59%HR

Medio de Generación: Cámara climática.

octubre 2018 – diciembre 2018

ENSAYO DE APTITUD – HUMEDAD RELATIVA

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Carolina Martínez

Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-HUMEDAD RELATIVA), Chile.

Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.

Teléfonos 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966,

e-mails marcial.espinoza@enaer.cl antonio.monsalve@enaer.cl Carolina.martinez@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Humedad Relativa ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Pertenece a la Red Nacional de Metrología realizan el **Ensayo** de Aptitud 2018. Para ello se ha elegido un instrumento que permiten cubrir un rango que pueda ser calibrado por la mayoría de los laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Humedad Relativa y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo H-17. La comparación se llevó a cabo desde octubre de 2018 a diciembre de 2019. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un Termohigrómetro digital, el alcance de medición es de -20 °C a 80 °C, clase de exactitud del $\pm 0,2$ °C del alcance de medición y una resolución de 0,01 °C. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Humedad ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco de la Red de Metrología de Chile.

INTRODUCCION

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los laboratorios de Metrología, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una diseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a Ensayo de Aptitud 2018 íntegramente realizada entre los laboratorios de Humedad Relativa nacionales y el LCPN-Humedad Relativa de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. La participación en ésta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de la magnitud de Humedad Relativa entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud Humedad entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Al ensayo de aptitud 2018 lograron incorporarse 8 laboratorios participantes en la magnitud Humedad Relativa.

Laboratorio	Empresa	Contacto	Información
1	VETO	Hernán Ramírez V.	Jefe.calibraciones@veto.cl
2	SERVINCAL	Eduardo Reyes	eduardo.reyes@servincal.cl
3	IDIC	Ricardo Muñoz	ricardo.munoz@idic.cl
4	DTS	Sebastián Morgado	smorgado@dts.cl
5	CALMANREP	Eduardo Román T.	eroman@calmanrep.cl
6	SOLMEE EIRL	Domingo De Negri Q.	domingo.denegri@gmail.com
7	CESMEC	Miguel Mariangel G.	mmariangel@cesmec.cl
8	SMI	Romina Gaete Barrau.	maravena@smilab.cl
9	LCPNR-HR (ENAER)	Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl
		Antonio Monsalve Venegas	antonio.monsalve@enaer.cl

Tabla N° 1 Empresas participantes.

Puntos de calibración

Al ensayo de aptitud 2018 se realizaron los siguientes puntos de calibración:

<i>Laboratorio</i>	<i>Medio de Generación</i>	<i>Empresa</i>	<i>Puntos de calibración</i>
			<i>Temperatura (°C) @50 % HR.</i>
1	Cámara Climática	VETO.	(10 - 20 - 30)
2	Cámara Climática	SERVINCAL	(10 - 20 - 30)
3	Cámara Climática	IDIC	(10 - 20 - 30)
4	Cámara Climática	DTS	(10 - 20 - 30)
5	Cámara Climática	CALMANREP	(10 - 20 - 30)
6	Cámara Climática	SOLMEE EIRL	(10 - 20 - 30)
7	Cámara Climática	CESMEC	(10 - 20 - 30)
8	Cámara Climática	SMI	(10 - 20 - 30)

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional (Agosto 2018).

Tabla N°2. Empresas participantes con cámaras climáticas

Fechas para realizar las mediciones.

Los equipos fueron circulados de acuerdo al siguiente cronograma:

<i>Laboratorio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Fecha Tentativa</i>
1	LCPNR-HR (ENAER)	04/10/18 – 10/10/18
2	VETO	16/10/18 – 23/10/18
3	SERVINCAL	24/10/18 – 30/10/18
4	IDIC	31/10/18 – 09/11/18
5	DTS	12/11/18 – 16/11/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	19/11/18 – 23/11/18
6	CALMANREP EIRL	26/11/18 – 30/11/18
7	SOLMEE EIRL	03/12/18 – 07/12/18
8	CESMEC	10/12/18 – 14/12/18
9	SMI	17/12/18 – 21/12/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	24/12/18 – 01/01/19

Tabla N° 3. Fechas de realización de la comparación.

Patrón Nacional

Como patrón Nacional se utilizó un Generador de Humedad de dos Presiones.

LCPNR-HR Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición % HR	Incertidumbre relativa , k=2
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	10 a 95	0,5 % a 0,8 % HR

Tabla 3.- Patrón Nacional.

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un termo higrómetro.

El instrumento fue facilitado por LCPNR-HR de ENAER. Las características del instrumento utilizado para el ejercicio correspondiente a la comparación se presentan en la siguiente tabla:

Marca	Modelo	Número de Serie	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución
Vaisala	Indicador : MI70 Sensor : HMP76	Indicador:H3320039 Sensor: H3720002	± 1,0 %HR	0 %HR a 90 %HR	0,01 %
			± 1,7 %HR	90 %HR a 100 %HR	
			± 0,2 °C	-20 a 80 °C	0,01 °C

Tabla 4.- Patrón Viajero de comparación

Programa de la comparación

Resumen

La comparación se realizó en 6 etapas (3 mediciones del laboratorio piloto);

- (1) medición inicial piloto,
- (2) medición de 4 participantes (la primera mitad de ensayo Cámara climática),
- (3) medición intermedia piloto,
- (4) medición de 4 participantes (la segunda mitad de ensayo Cámara climática),
- (5) medición final para Cámara climática.

LCPNR-HR y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

Detalle del desarrollo de la Comparación

El siguiente esquema explica el desarrollo de la actividad

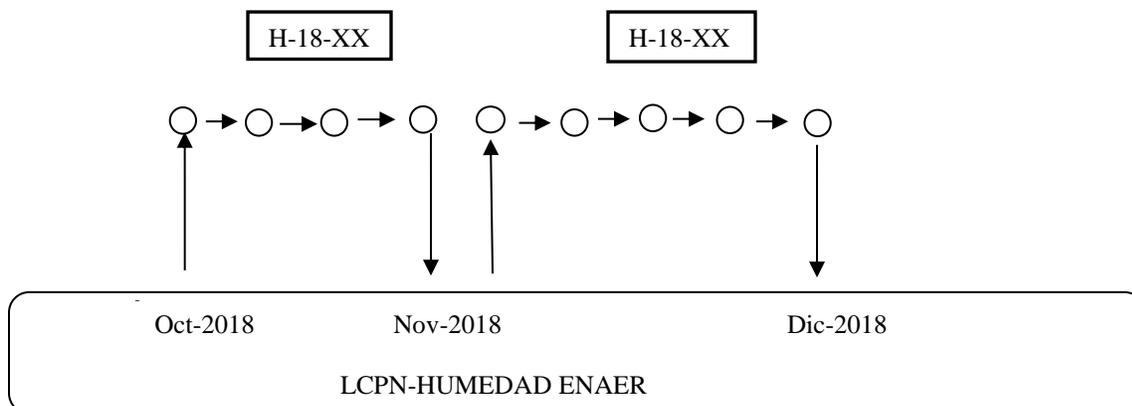


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

- a) Preparación. ENAER realizó la medición inicial. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación (4 al 10 de octubre de 2018).
- b) Los 4 laboratorios participantes (VETO-SERVINCAL-IDIC-DTS) realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas (16 de octubre al 16 de noviembre de 2018).
- c) El instrumento vuelve al LCPNR-HR, el piloto ejecuta la segunda medición al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (19 al 23 de noviembre de 2018).
- d) Se realizan las mediciones de los 4 laboratorios participantes del ensayo de aptitud H17 (CALMANREP EIRL- SOLMEE EIRL-CESMEC-SMI) en las fechas programadas (26 de noviembre al 21 de diciembre de 2018).
- e) El instrumento vuelve al LCPN-HR (3^{era} Medición) y el piloto ejecuta la medición final al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (24 de diciembre al 01 de enero de 2019)

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPN-HR de ENAER el 16 de mayo de 2019.

El 18 de julio de 2019 el LCPN-HR de ENAER emite un informe que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes y se hace llegar éste informe al INN (INFORME B)

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El patrón viajero fue calibrado en LCPNR-HR (ENAER) en 3 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla N° 3. En todos ellos, el mismo procedimiento de calibración, estándar de referencia y equipamiento fueron usados.

La siguiente fotografía muestra el montaje para la calibración:



Figura 2. Montaje para la calibración del patrón viajero.



Figura 2. Montaje del sensor al interior de la cámara útil.

El laboratorio de ENAEER realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación calibrándolo en 03 ocasiones. Los datos obtenidos se presentan en el siguiente gráfico. Luego se presenta otro gráfico en donde se presenta el error promedio con su incertidumbre.

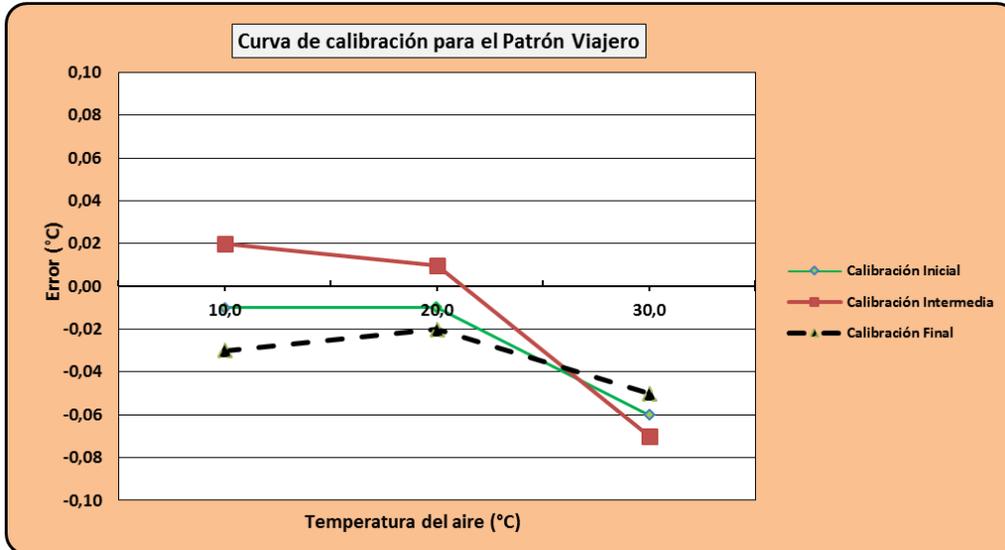


Gráfico 1. Curva de calibración del patrón viajero.

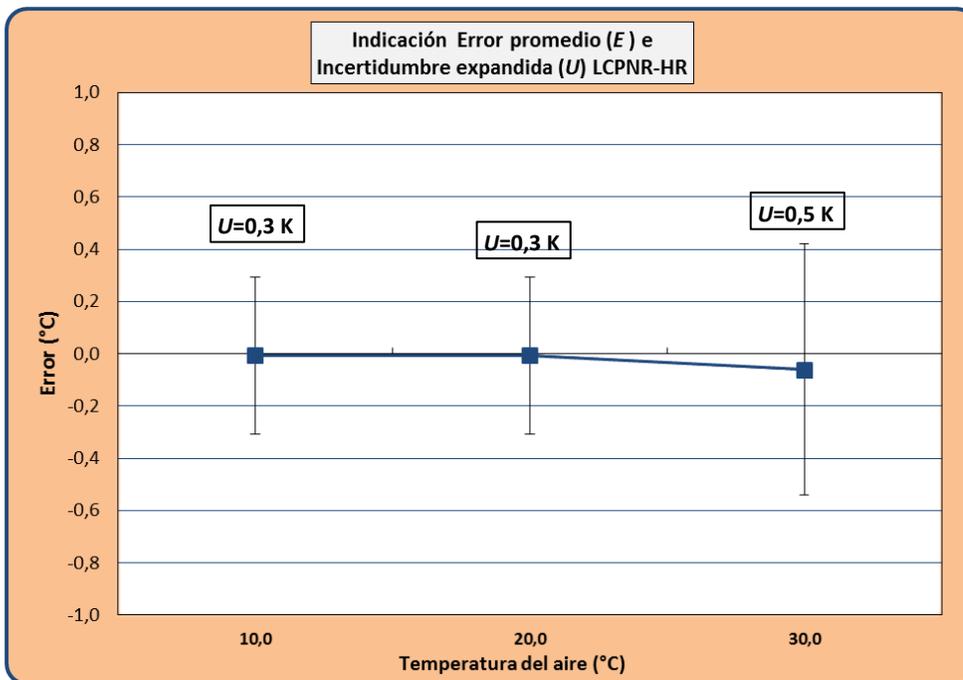


Gráfico 2. Error promedio., E, e incertidumbre expandida, U (k=2, 95%).

Incertidumbre de referencia

a) Estudio de Drift (deriva) del Patron viajero

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calibraciones obtenidas en el Laboratorio Piloto durante el desarrollo del Ensayo de Aptitud

HR CAMARA (%HR)	Calibración Inicial				Calibración Intermedia				Calibración Final			
	T° Patron	T° VAISALA	E ₁	U ₁	T° Patron	T° VAISALA	E ₂	U ₂	T° Patron	T° VAISALA	E ₃	U ₃
50,0	10,02	10,01	-0,01	0,30	10,03	10,05	0,02	0,30	10,04	10,01	-0,03	0,30
	20,03	20,02	-0,01	0,30	19,99	20,00	0,01	0,30	20,01	19,99	-0,02	0,30
	29,99	29,94	-0,06	0,48	29,99	29,92	-0,07	0,48	30,00	29,95	-0,05	0,48

Tabla N°4 Resultados de las 3 calibraciones del patrón viajero.

La deriva del patrón viajero puede ser estimada en cada punto de comparación como la diferencia entre los errores de una calibración y la sucesiva. En la siguiente tabla se presenta los errores y las derivas entre las calibraciones inicial e intermedia (d₁₋₂) y entre la calibración intermedia y final (d₂₋₃).

T° Nominal	Patrón Viajero (Vaisala)					
	E ₁	E ₂	d ₁₋₂	E ₂	E ₃	d ₂₋₃
23	-0,01	0,02	-0,03	0,02	-0,03	0,05
33	-0,01	0,01	-0,02	0,01	-0,02	0,03
59	-0,06	-0,07	0,01	-0,07	-0,05	-0,02
75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla N°5 Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.

Para el Ensayo de Aptitud, se utilizó la mayor deriva encontrada entre dos calibraciones sucesivas (0,05). Para el cálculo del error normalizado, un componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de una deriva del patrón viajero fue adicionada al presupuesto de incertidumbre del laboratorio de referencia, lo cual significa que la incertidumbre expandida de referencia será más alta que las calculadas por el laboratorio Piloto.

Para propósitos de esta comparación; la deriva será evaluada como una distribución rectangular tipo B; la evaluación entonces es:

$$u_{deriva} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

Datos de las mediciones

En la Tabla 6 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio E, y en la tabla 4 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de presión nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPNR-HR, para el error y la incertidumbre combinada, son el promedio de las lecturas realizadas de las tres diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPNR-HR.

$$E_{Enaer} = (E1 + E2 + E3) / 3$$

$$U_{Enaer} = (U1 + U2 + U3) / 3$$

Error Promedio de los participantes

Datos Error Promedio Laboratorios									
°C	LCPNR-HR	H-18-21	H-18-23	H-18- 24	H-18- 25 (Nota 1)	H-18-28	H-18-29	H-18-31	H-18-32
10,0	-0,01	N.R.	0,0	-0,07	-0,17	-0,04	0,01	-0,01	0,14
20,0	-0,01	0,0	-0,1	-0,07	-0,12	-0,07	0,01	-0,03	-0,08
30,0	-0,06	-0,1	0,1	-0,06	-0,08	-0,11	-0,10	-0,03	-0,17

N.R: No reportado.

Nota 1: En el valor reportado por el laboratorio H-18-25, se aprecia una diferencia de calculo producto del redondeo, pero el resultado del error es validada por la concordancia en la hoja de respaldo de sus resultados.

Tabla N°6 Error promedio de los laboratorios participantes.

GRAFICOS

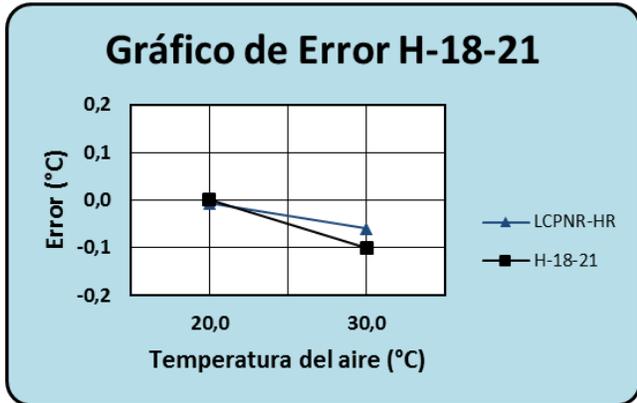


Grafico (a)

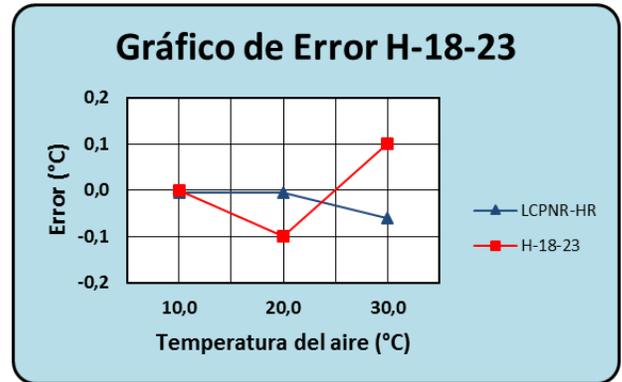


Grafico (b)

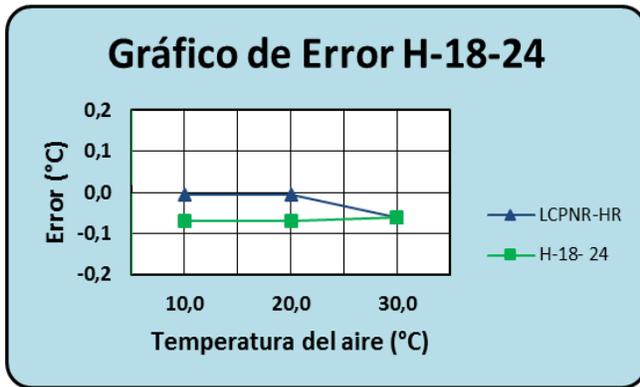


Grafico (c)

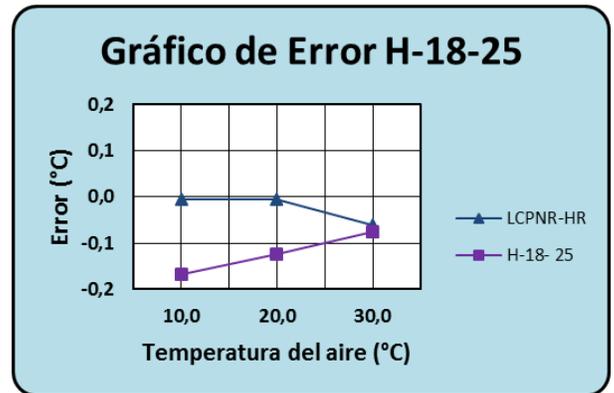


Grafico (d)

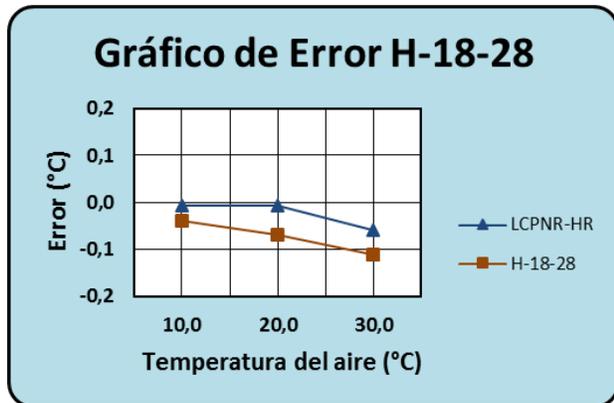


Grafico (e)

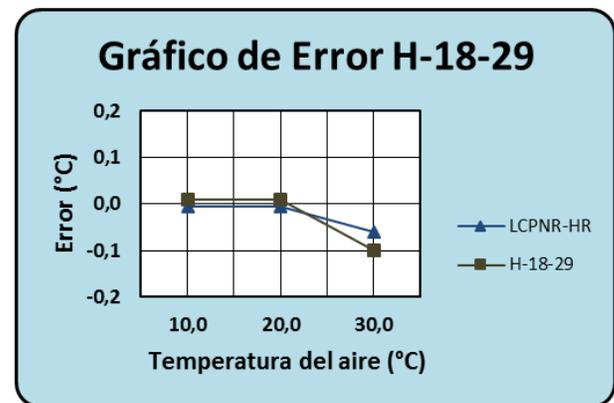


Grafico (f)

Incertidumbre de los participantes

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios									
°C	LCPNR-HR	H-18-21	H-18-23	H-18-24	H-18-25	H-18-28	H-18-29	H-18-31	H-18-32
10,0	0,30	N.R.	1,2	0,81	0,17	0,50	1,0	0,1	0,27
20,0	0,30	0,3	1,2	0,61	0,16	0,62	1,0	0,1	0,26
30,0	0,48	0,3	1,2	1,02	0,16	0,62	1,1	0,1	0,28

Nota: N.R.= No reportada.

Tabla N°7. Datos de la incertidumbre expandida, U, obtenidos por los participantes.

Con la tabla anterior se representa las siguientes graficas:

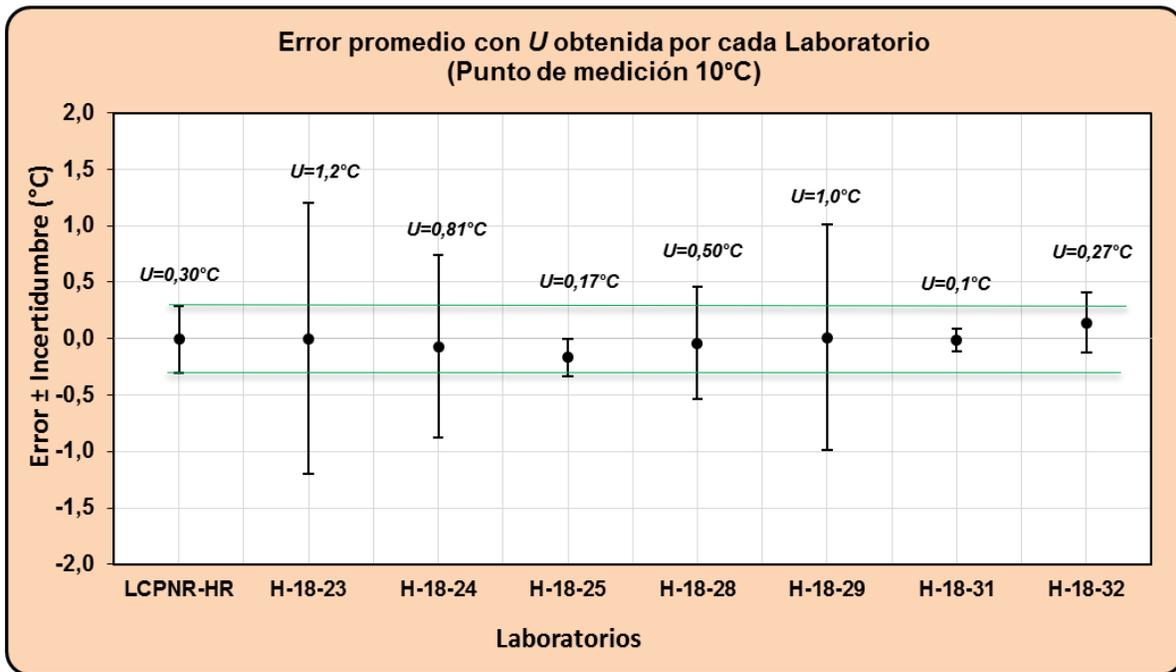


Gráfico 6. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (10 °C).

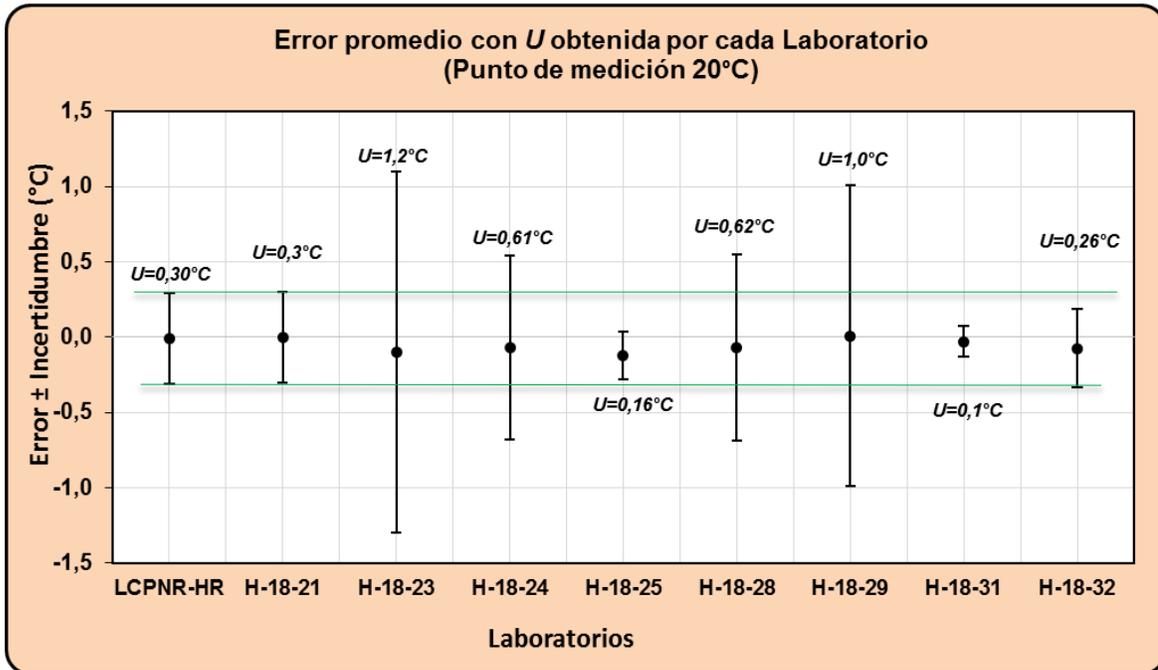


Gráfico 7. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (20 °C).

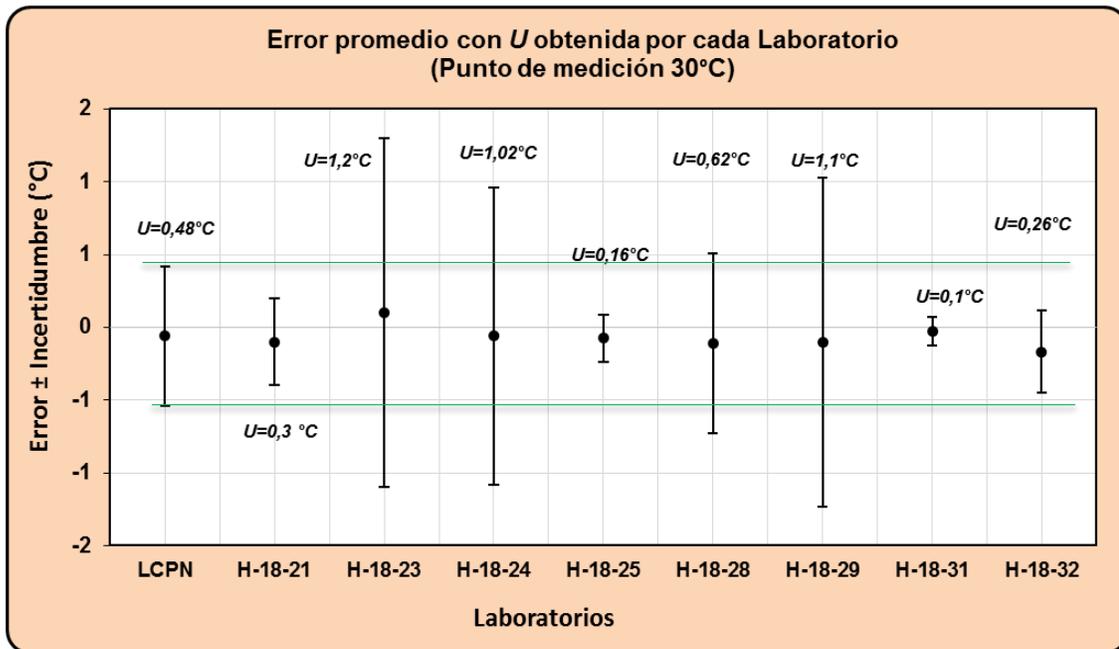


Gráfico 8. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (30 °C).

El siguiente gráfico nos muestra el punto de calibración en Humedad con mayor dispersión entre los resultados de los participantes:

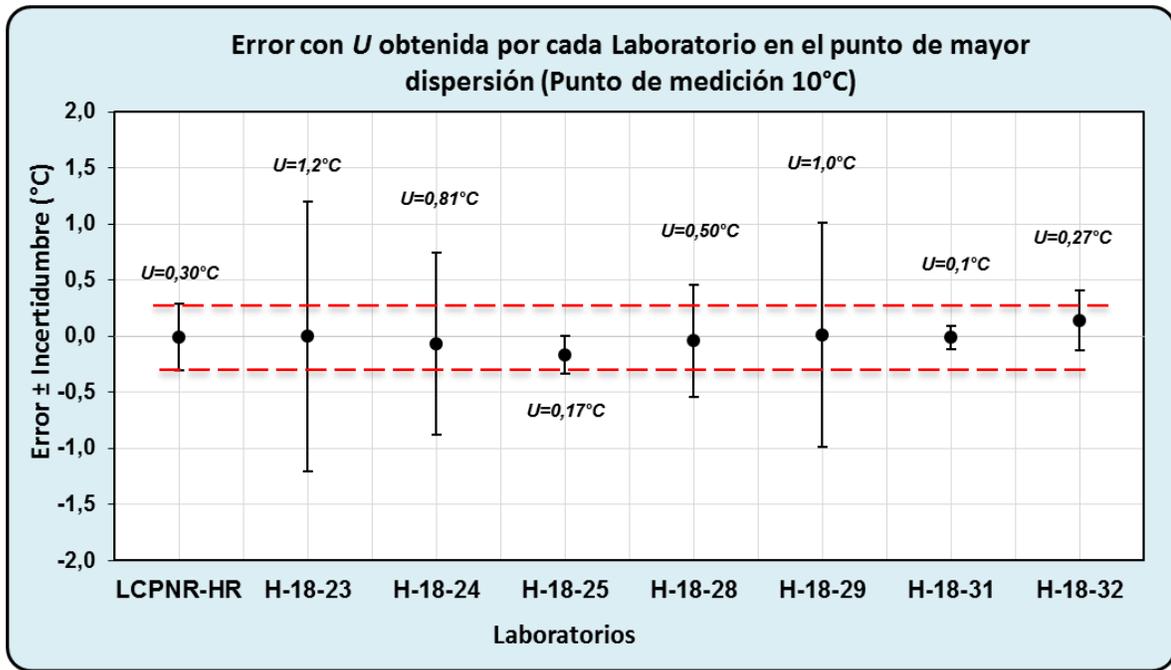


Gráfico 11. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de medición con mayor dispersión

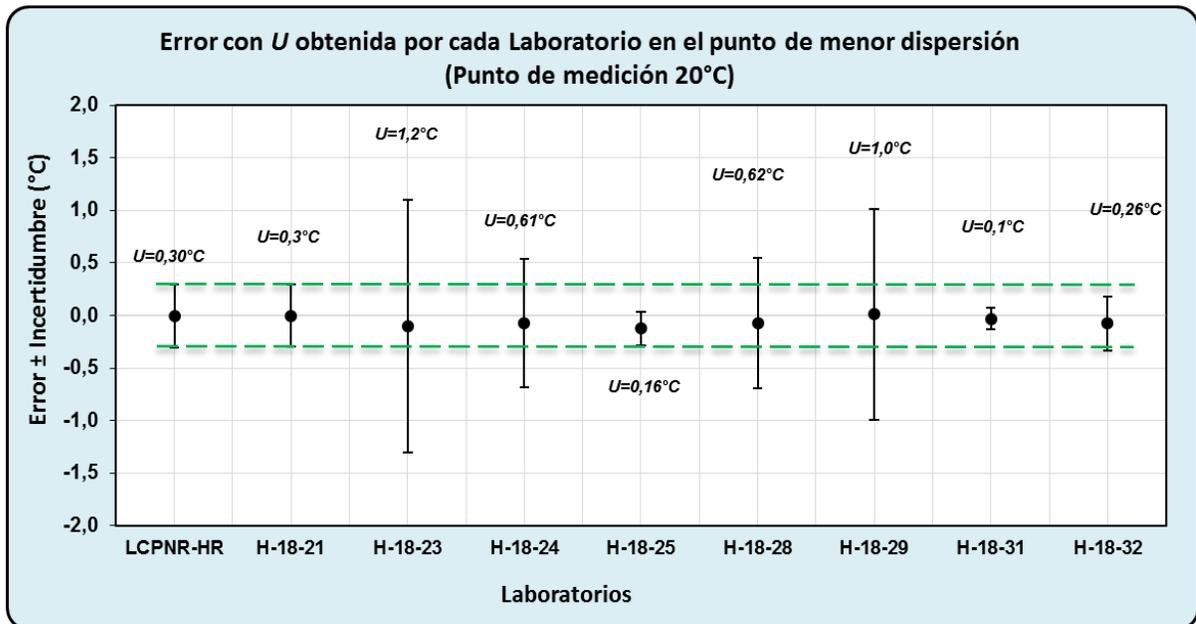


Gráfico 12. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de menor dispersión

Evaluación de los resultados

Valor de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = \frac{E_{lab} - E_{ref}}{\sqrt{(U_{lab})^2 + (U_{ref})^2}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

E_{ref} = Error de la medición de referencia (LCPNR-HR).

U_{lab} = U expandida (k=2) del error de la medición del laboratorio participante.

U_{ref} = Incertidumbre expandida (k=2) de referencia (LCPNR-HR).

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$|E_n| \leq 1.0$ Resultado satisfactorio

$|E_n| > 1.0$ Resultado NO satisfactorio

Debe recordarse que para el cálculo del error normalizado, se agregó un componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del estándar de transferencia al presupuesto de incertidumbre del laboratorio de referencia, según la ecuación (2).

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

VALOR NOMINAL NOMINAL (°C)	Error Promedio LCPNR-HR	ERROR DE LOS PARTICIPANTES							
		LAB H-18-21	LAB H-18-23	LAB H-18-24	LAB H-18-25	LAB H-18-28	LAB H-18-29	LAB H-18-31	LAB H-18-32
10,0	-0,01	-----	0,0	-0,07	-0,17	-0,04	0,01	-0,01	0,14
20,0	-0,01	0,0	-0,1	-0,07	-0,12	-0,07	0,01	-0,03	-0,08
30,0	-0,06	-0,1	0,1	-0,06	-0,08	-0,11	-0,10	-0,03	-0,17

Tabla N°8 Error de los participantes

VALOR NOMINAL NOMINAL (°C)	u Promedio LCPNR-HR	u Deriva LCPNR-HR	U ref LCPNR-HR	INCERTIDUMBRE DE LOS PARTICIPANTES							
				LAB H-18-21	LAB H-18-23	LAB H-18-24	LAB H-18-25	LAB H-18-28	LAB H-18-29	LAB H-18-31	LAB H-18-32
10,0	0,30	0,03	0,306	-----	1,2	0,81	0,17	0,50	1,0	0,1	0,27
20,0	0,30	0,03	0,306	0,3	1,2	0,61	0,16	0,62	1,0	0,1	0,26
30,0	0,48	0,03	0,483	0,3	1,2	1,02	0,16	0,62	1,1	0,1	0,28

Tabla N°9 Incertidumbre de todos los participantes

VALOR NOMINAL NOMINAL (°C)	CALCULO DE ERROR NORMALIZADO POR LABORATORIO							
	LAB H-18-21	LAB H-18-23	LAB H-18-24	LAB H-18-25	LAB H-18-28	LAB H-18-29	LAB H-18-31	LAB H-18-32
10,0	-----	0,01	0,07	0,46	0,06	0,02	0,02	0,37
20,0	0,02	0,08	0,09	0,34	0,09	0,02	0,07	0,17
30,0	0,07	0,12	0,00	0,03	0,06	0,03	0,07	0,19

Tabla N°10. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes
(en los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

GRAFICOS DE ERROR NORMALIZADO

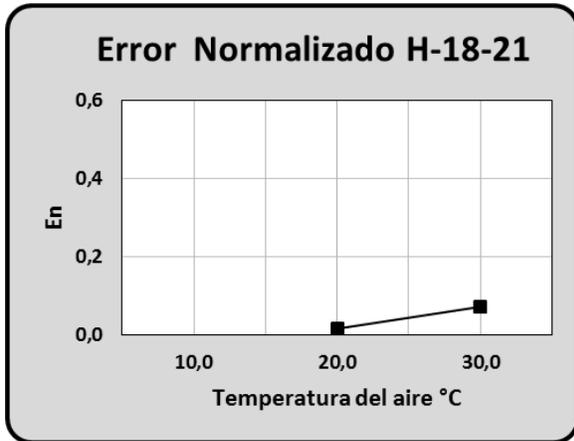


Grafico (a)

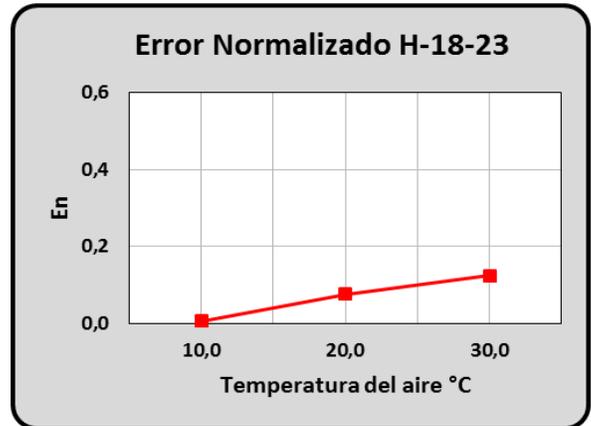


Grafico (b)

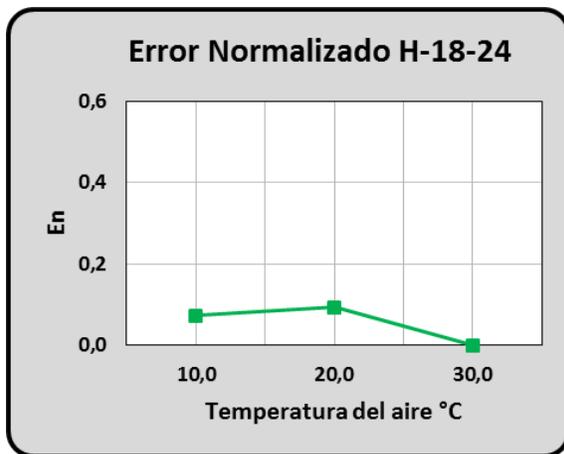


Grafico (c)

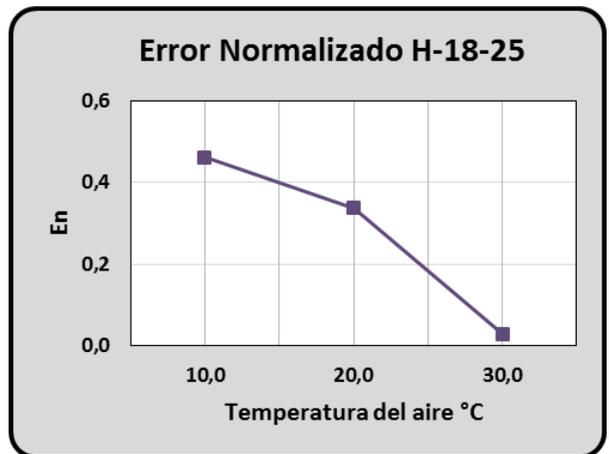


Grafico (d)

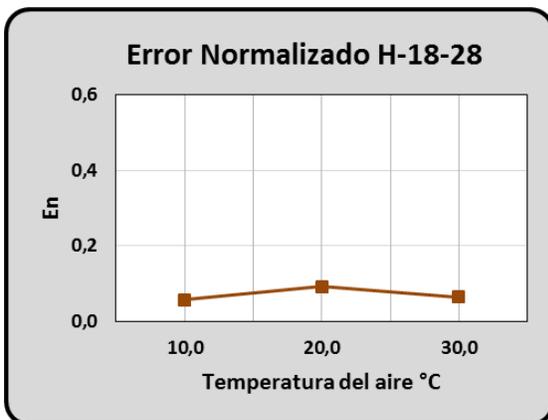


Grafico (e)

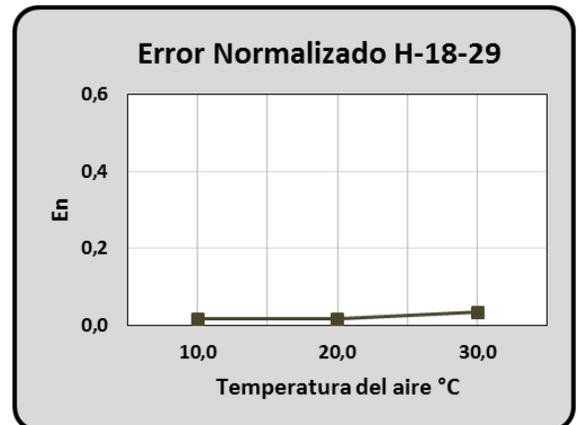


Grafico (f)

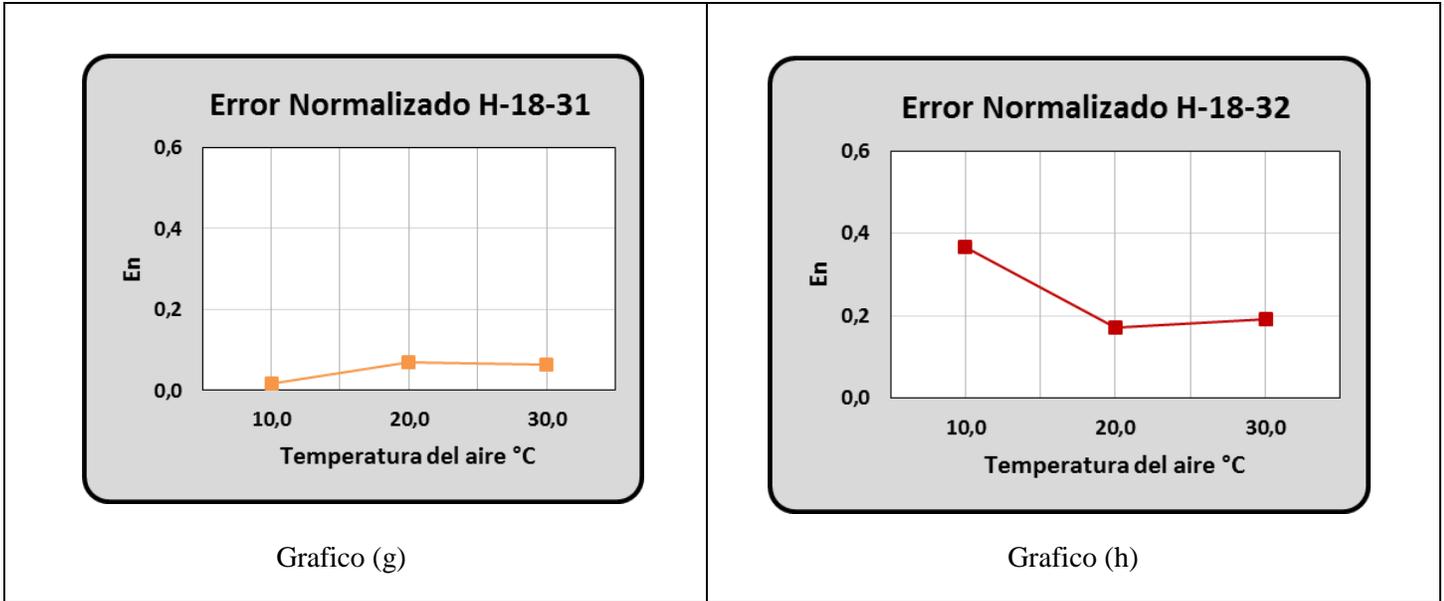


Gráfico 13. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

En los siguientes gráficos se puede ver el error normalizado (En) por cada punto de calibración.

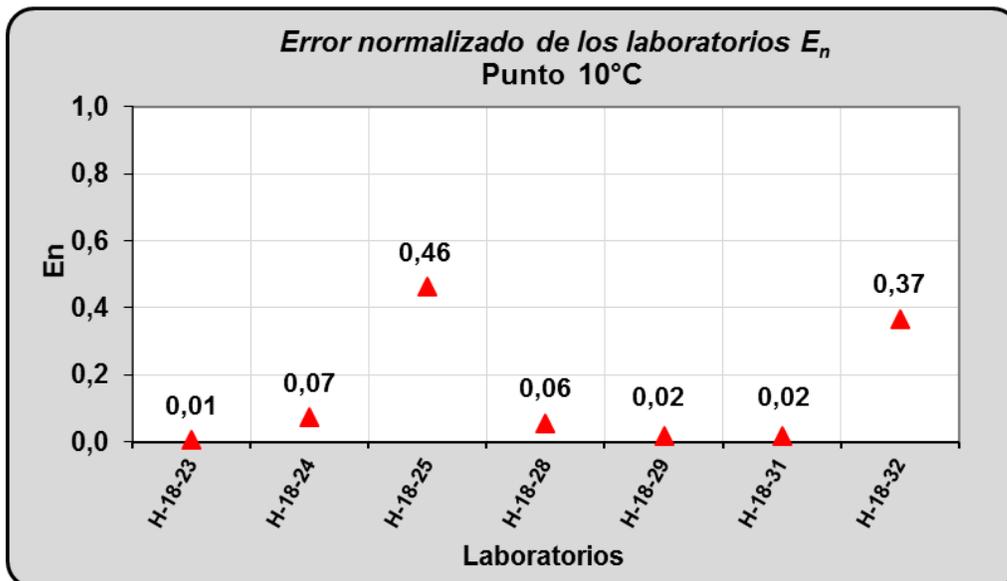


Gráfico 14. Errores normalizados en el punto de calibración 10 °C.

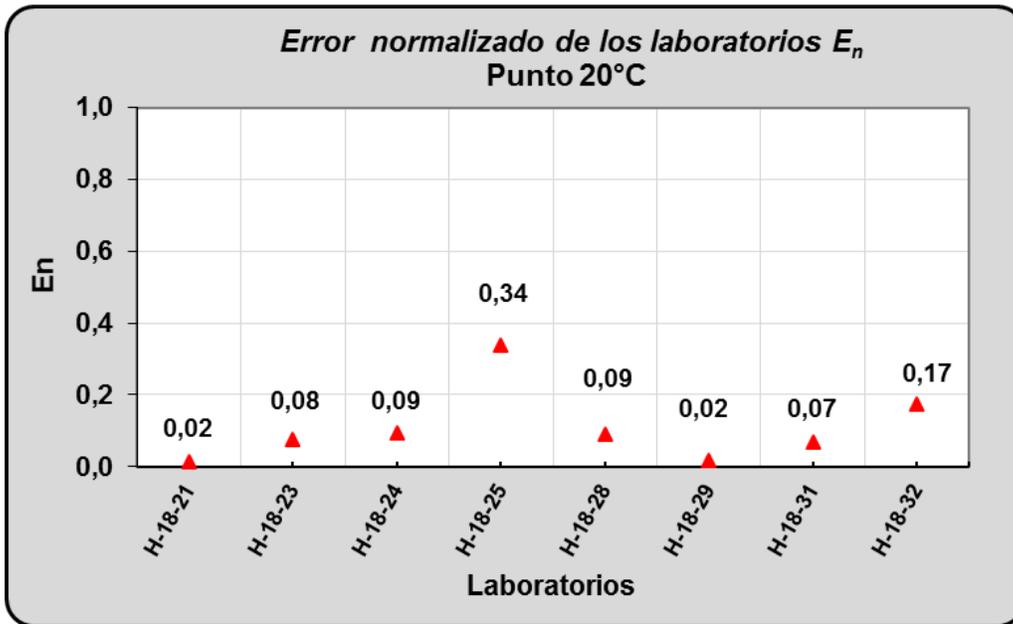


Gráfico 14. Errores normalizados en el punto de calibración 20 °C.

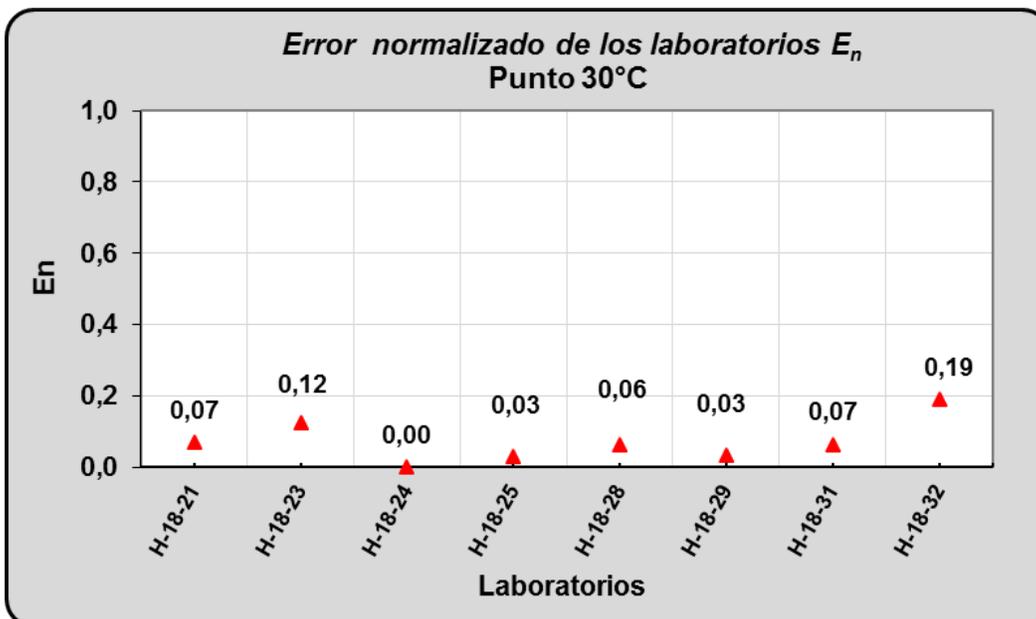


Gráfico 15. Errores normalizados en el punto de calibración 30 °C.

ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La siguiente tabla resume la evaluación de cada participante de acuerdo a la comparación nacional H-18:

Para la evaluación recordaremos el presupuesto de incertidumbre para esta comparación:

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2 [HR_p + C_R] + u^2 [\%HR_p]_{der} + u^2 [\%HR_{IBC}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hist}] + u^2 [\delta(\%HR)_{stb}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hmg}]}$$

Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	$[HR_p + C_R]$	$[\%HR_p]_{der}$	$[\%HR_{IBC}]$		$\delta(\%HR)_{hist}$	$\delta(\%HR)_{stb}$	$\delta(\%HR)_{hmg}$	U_{exp} (°C)	MCM
					REP	URES					
1	H-18-21	ok	ok	*	ok	*	*	ok	ok	(0,3)	Sin dato
2	H-18-23	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok	ok	(1,2)	Sin dato
3	H-18-24	ok	*	*	ok	ok	*	ok	ok	(0,81 a 1,02)	Sin dato
4	H-18-25	*	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	(0,16 a 0,17)	0,15 °C
5	H-18-28	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	(0,50 a 0,62)	Sin dato
6	H-18-29	ok	ok	*	ok	ok	*	ok	ok	(1,0 a 1,1)	Sin dato
7	H-18-31	ok	ok	*	ok	ok	*	ok	*	(0,1)	Sin dato
8	H-18-32	*	*	*	ok	ok	*	ok	ok	(0,27 a 0,28)	(0,6)

Participante H-18-21

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

El participante presenta Error en calculo de incertidumbre por deriva

Informado : (0,010206)

Debe ser : (0,02042).

El participante presenta Error en calculo de incertidumbre por resolución

Informado : (0,1/√12)

Debe ser : (0,01/√12).

El participante debe agregar en el presupuesto un valor de incertidumbre por histéresis.

Participante H-18-23

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados. Por lo tanto no se pueden realizar mayores observaciones.

En el calculo de incertidumbre por histéresis no se respalda el valor obtenido por esta variable.

Participante H-18-24

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

El participante presenta Error en calculo de incertidumbre de su patrón.

Informado : 0,00090 °C

Debe ser : $0,03/2=0,015$ °C; $0,015^2=0,000225$ °C.

El participante presenta Error en calculo de incertidumbre por deriva.

Informado : 0,00030 °C

Debe ser : $0,02/\sqrt{3}=0,012$ °C; $0,012^2=0,00013$ °C.

El participante debe incorporar la contribución por incertidumbre de histéresis en el presupuesto.

Participante H-18-25

El valor del error reportado por el laboratorio matemáticamente se encuentra bien calculado de acuerdo a la planilla de respaldo de sus resultados, pero no concuerda con los valores presentados en la comparación; se adjunta la siguiente tabla:

INFORME DE LOS RESULTADOS PARA TEMPERATURA				
Humedad dentro de la cámara (%hr)	Valor de referencia Temperatura (°C)	Temperatura instrumento bajo calibración (IBC) (°C)	Error de la Medición (°C) Presentado	Error de la Medición (°C) (calculo Matematico)
62,11	9,81	9,6	-0,17	-0,21
61,72	19,84	19,7	-0,12	-0,14
62,11	30,558	30,5	-0,08	-0,058

El valor de incertidumbre informado para homogeneidad es igual en cada punto de calibración lo que no representa el comportamiento real de una cámara climática sometida a diferentes condiciones de trabajo. El valor de incertidumbre por estabilidad se obtiene de las lecturas del instrumento patrón. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad de la cámara de humedad.

Participante H-18-28

En el calculo de incertidumbre por histéresis no se respalda el valor obtenido por esta variable.

El valor de incertidumbre informado para estabilidad y la homogeneidad es igual en cada punto de calibración lo que no representa el comportamiento real de una cámara climática sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad de la cámara de humedad.

Participante H-18-29

El participante presenta un valor de incertidumbre por deriva de 0,000 °C en 10 y 20 °C. En 30 °C presenta un valor de incertidumbre por deriva de 0,058 °C.

El participante debe revisar la forma de evaluar este componente de incertidumbre.

El participante presenta Error en calculo de incertidumbre por resolución

Informado : $(0,1/\sqrt{12})$

Debe ser : $(0,01/\sqrt{12})$.

Debe agregar en el presupuesto valor de incertidumbre por histéresis.

Participante H-18-31

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

El participante presenta diferentes valores en el calculo de incertidumbre por deriva sin su correspondiente respaldo en su planilla.

En el calculo de incertidumbre por histéresis no se respalda el valor obtenido por esta variable.

El valor de incertidumbre informado para homogeneidad es igual en cada punto de calibración lo que no representa el comportamiento real de una cámara climática sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad de la cámara de humedad.

Participante H-18-32

El laboratorio participante realiza las mediciones de temperatura a humedades diferentes de las acordadas en el protocolo de intercomparación H-18 (agosto 2018).

Puntos según protocolo H-18

Temperatura			
Humedad de referencia en la cámara	Puntos de medición en Temperatura ambiental (°C)		
59 % HR	10	20	30

Puntos realizados por el laboratorio participante:

Humedad de referencia en la cámara (%HR)	Puntos de medición Calibrado en Temperatura ambiental (°C)	Es valido el punto de comparación?
23	10	no
33	20	no
59	30	si

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados. Por lo tanto no se pueden realizar mayores observaciones.

El valor del error reportado por el laboratorio matemáticamente se encuentra bien calculado de acuerdo a la planilla de respaldo de sus resultados, pero no concuerda con los valores presentados en la comparación; se adjunta la siguiente tabla:

INFORME DE LOS RESULTADOS PARA TEMPERATURA				
Nominal Temperatura (°C)	Valor de referencia Temperatura (°C)	Temperatura instrumento bajo calibración (IBC) (°C)	Error de la Medición (°C) Presentado	Error de la Medición (°C) (calculo Matematico)
10	10,007	10,15	0,14	0,143
20	20,006	19,93	-0,08	-0,076
30	30,007	29,84	-0,17	-0,167

CONCLUSIONES RONDA H-18

De los resultados que obtuvo el laboratorio piloto en las diferentes calibraciones, se puede concluir:

*De los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ejercicio de acuerdo al criterio de cálculo de Error normalizado “**Ronda H-18**” integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:

- EL 100 % de los laboratorios obtienen un resultado **SATISFACTORIO** de Acuerdo al criterio del error Normalizado (≤ 1)

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 8 laboratorios Participantes que presentaron resultados en éste ensayo de aptitud H-18 y la activa participación de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 8^oedition, 2006.
- (3) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPNR-HR ENAER 2016.
- (4) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (5) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.
- (6) DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas).



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD HUMEDAD RELATIVA
INFORME B
COMPARACIÓN NACIONAL
H-18**

CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGROMETRO DIGITAL

Rango de medición: 20 a 90 % HR.

Medio de Generación: Cámara climática.

Octubre 2018 – Diciembre 2018

ENSAYO DE APTITUD – HUMEDAD RELATIVA

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Carolina Martínez

Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-HUMEDAD RELATIVA), Chile.

Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.

Teléfonos 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966,

E-mails marcial.espinoza@enaer.cl antonio.monsalve@enaer.cl Carolina.martinez@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Humedad Relativa ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Pertenece a la Red Nacional de Metrología realizan el **Ensayo** de Aptitud 2018. Para ello se ha elegido un instrumento que permiten cubrir un rango que pueda ser calibrado por la mayoría de los laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Humedad Relativa y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo H-17. La comparación se llevó a cabo desde octubre de 2018 a diciembre de 2019. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un Termo higrómetro digital, el alcance de medición es de 20 % HR a 90 % HR., clase de exactitud del $\pm 1,0$ a $\pm 1,7\%$ del alcance de medición y una resolución de 0,01 % HR. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Humedad ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco de la Red de Metrología de Chile.

INTRODUCCION

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los laboratorios de Metrología, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una disseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a Ensayo de Aptitud 2018 íntegramente realizada entre los laboratorios de Humedad Relativa nacionales y el LCPN-Humedad Relativa de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. La participación en ésta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de la magnitud de Humedad Relativa entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud Humedad entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Al ensayo de aptitud 2018 lograron incorporarse 8 laboratorios participantes en la magnitud Humedad Relativa.

Laboratorio	Empresa	Contacto	Información
1	VETO	Hernán Ramírez V.	Jefe.calibraciones@veto.cl
2	SERVINCAL	Eduardo Reyes	eduardo.reyes@servincal.cl
3	IDIC	Ricardo Muñoz	ricardo.munoz@idic.cl
4	DTS	Sebastián Morgado	smorgado@dts.cl
5	CALMANREP	Eduardo Román T.	eroman@calmanrep.cl
6	SOLMEE EIRL	Domingo De Negri Q.	domingo.denegri@gmail.com
7	CESMEC	Miguel Mariangel G.	mmariangel@cesmec.cl
8	SMI	Romina Gaete Barrau.	maravena@smilab.cl
9	LCPNR-HR (ENAER)	Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl
		Antonio Monsalve Venegas	antonio.monsalve@enaer.cl

Tabla N° 1 Empresas participantes.

Puntos de calibración

Al ensayo de aptitud 2018 se realizaron los siguientes puntos de calibración:

<i>Laboratorio</i>	<i>Medio de Generación</i>	<i>Empresa</i>	<i>Puntos de calibración</i>
			<i>Humedad (HR) @23°C</i>
1	Cámara Climática	VETO.	(23 - 33 - 59 - 75 - 85)
2	Cámara Climática	SERVINCAL	(23 - 33 - 59 - 75 - 85)
3	Cámara Climática	IDIC	(23 - 33 - 59 - 75 - 85)
4	Cámara Climática	DTS	(23 - 33 - 59 - 75 - 85)
5	Cámara Climática	CALMANREP	(23 - 33 - 59 - 75 - 85)
6	Cámara Climática	SOLMEE EIRL	(23 - 33 - 59 - 75 - 85)
7	Cámara Climática	CESMEC	(23 - 33 - 59 - 75 - 85)
8	Cámara Climática	SMI	(23 - 33 - 59 - 75 - 85)

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional (Agosto 2018).

Tabla N°2. Empresas participantes con cámaras climáticas

Fechas para realizar las mediciones.

Los equipos fueron circulados de acuerdo al siguiente cronograma:

<i>Laboratorio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Fecha Tentativa</i>
1	LCPNR-HR (ENAER)	04/10/18 – 10/10/18
2	VETO	16/10/18 – 23/10/18
3	SERVINCAL	24/10/18 – 30/10/18
4	IDIC	31/10/18 – 09/11/18
5	DTS	12/11/18 – 16/11/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	19/11/18 – 23/11/18
6	CALMANREP EIRL	26/11/18 – 30/11/18
7	SOLMEE EIRL	03/12/18 – 07/12/18
8	CESMEC	10/12/18 – 14/12/18
9	SMI	17/12/18 – 21/12/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	24/12/18 – 01/01/19

Tabla N° 3. Fechas de realización de la comparación.

Patrón Nacional

Como patrón Nacional se utilizó un Generador de Humedad de dos Presiones.

LCPNR-HR Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición % HR	Incertidumbre relativa , k=2
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	10 a 95	0,5 % a 0,8 % HR

Tabla 3.- Patrón Nacional.

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un termo higrómetro.

El instrumento fue facilitado por LCPNR-HR de ENAER. Las características del instrumento utilizado para el ejercicio correspondiente a la comparación se presentan en la siguiente tabla:

Marca	Modelo	Número de Serie	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución
Vaisala	Indicador : MI70 Sensor : HMP76	Indicador:H3320039 Sensor: H3720002	± 1,0 %HR	0 %HR a 90 %HR	0,01 %
			± 1,7 %HR	90 %HR a 100 %HR	
			± 0,2 °C	-20 a 80 °C	0,01 °C

Tabla 4.- Patrón Viajero de comparación

Programa de la comparación

Resumen

La comparación se realizó en 6 etapas (3 mediciones del laboratorio piloto);

- (1) medición inicial piloto,
- (2) medición de 4 participantes (la primera mitad de ensayo Cámara climática),
- (3) medición intermedia piloto,
- (4) medición de 4 participantes (la segunda mitad de ensayo Cámara climática),
- (5) medición final para Cámara climática.

LCPNR-HR y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

Detalle del desarrollo de la Comparación

El siguiente esquema explica el desarrollo de la actividad

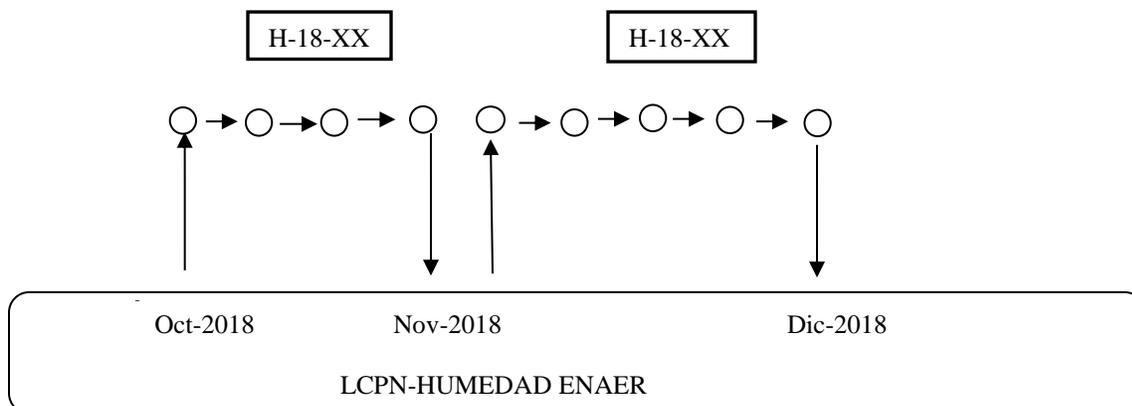


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

- a) Preparación. ENAER realizó la medición inicial. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación (4 al 10 de octubre de 2018).
- b) Los 4 laboratorios participantes (VETO-SERVINCAL-IDIC-DTS) realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas (16 de octubre al 16 de noviembre de 2018).
- c) El instrumento vuelve al LCPNR-HR, el piloto ejecuta la segunda medición al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (19 al 23 de noviembre de 2018).
- d) Se realizan las mediciones de los 4 laboratorios participantes del ensayo de aptitud H18 (CALMANREP EIRL- SOLMEE EIRL-CESMEC-SMI) en las fechas programadas (26 de noviembre al 21 de diciembre de 2018).
- e) El instrumento vuelve al LCPN-HR (3^{era} Medición) y el piloto ejecuta la medición final al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (24 de diciembre al 01 de enero de 2019)

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPN-HR de ENAER el 16 de mayo de 2019.

El 18 de julio de 2019 el LCPN-HR de ENAER emite un informe que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes y se hace llegar éste informe al INN (INFORME B)

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El patrón viajero fue calibrado en LCPNR-HR (ENAER) en 3 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla N° 3. En todos ellos, el mismo procedimiento de calibración, estándar de referencia y equipamiento fueron usados.

La siguiente fotografía muestra el montaje para la calibración:



Figura 2. Montaje para la calibración del patrón viajero.



Figura 2. Montaje del sensor al interior de la cámara útil.

El laboratorio de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación calibrándolo en 03 ocasiones. Los datos obtenidos se presentan gráficamente en el siguiente gráfico. Luego se presenta otro gráfico en donde se presenta el error promedio con su incertidumbre.

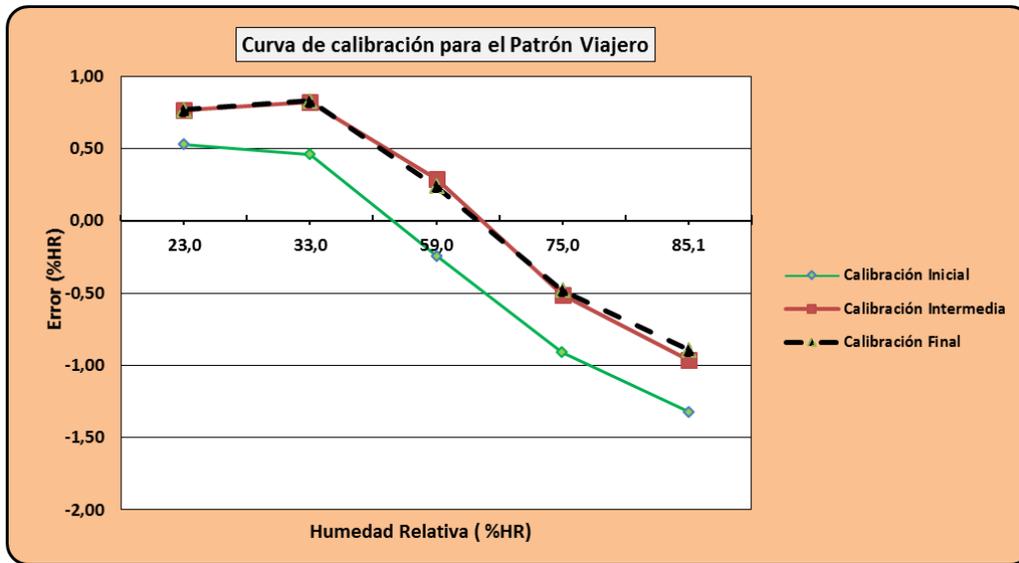


Gráfico 1. Curva de calibración del patrón viajero.

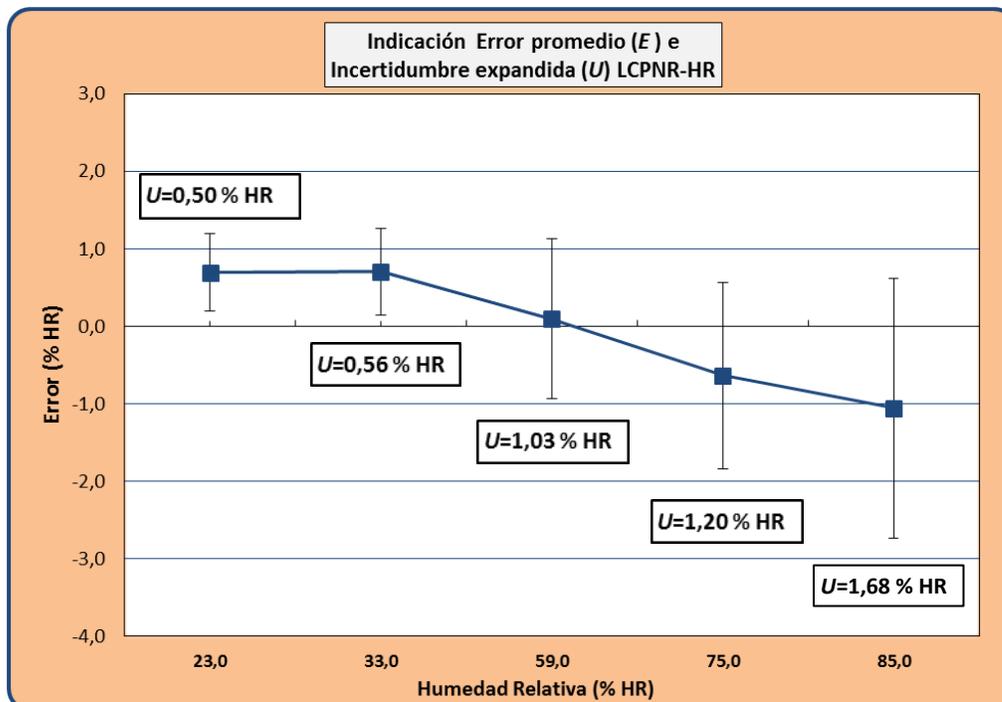


Gráfico 2. Error promedio., E, e incertidumbre expandida, U (k=2, 95%).

Incertidumbre de referencia

a) Estudio de Drift (deriva) del Patrón viajero

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las calibraciones obtenidas en el Laboratorio Piloto durante el desarrollo del Ensayo de Aptitud

T_{CAMARA} (°C)	Calibración Inicial				Calibración Intermedia				Calibración Final			
	RH_{Patron}	$RH_{VAISALA}$	E_1	U_1	RH_{Patron}	$RH_{VAISALA}$	E_2	U_2	RH_{Patron}	$RH_{VAISALA}$	E_3	U_3
23	23,02	23,55	0,53	0,50	23,02	23,79	0,77	0,50	23,02	23,79	0,77	0,50
	33,02	33,48	0,46	0,57	33,03	33,85	0,82	0,57	33,01	33,84	0,83	0,55
	59,02	58,78	-0,24	1,03	59,02	59,31	0,29	1,03	59,01	59,25	0,24	1,03
	75,04	74,13	-0,91	1,20	75,06	74,55	-0,51	1,21	75,05	74,57	-0,48	1,20
	85,07	83,75	-1,32	1,68	85,05	84,09	-0,96	1,68	85,02	84,13	-0,89	1,67

La deriva del patrón viajero puede ser estimada en cada punto de comparación como la diferencia entre los errores de una calibración y la sucesiva. En la siguiente tabla se presenta los errores y las derivas entre las calibraciones inicial e intermedia (d_{1-2}) y entre la calibración intermedia y final (d_{2-3}).

Tabla N°4 Resultados de las 3 calibraciones del patrón viajero.

RH Nominal	Patrón Viajero (Vaisala)					
	E_1	E_2	d_{1-2}	E_2	E_3	d_{2-3}
23	0,53	0,77	-0,24	0,77	0,77	0,00
33	0,46	0,82	-0,36	0,82	0,83	-0,01
59	-0,24	0,29	-0,53	0,29	0,24	0,05
75	-0,91	-0,51	-0,40	-0,51	-0,48	-0,03
85	-1,32	-0,96	-0,36	-0,96	-0,89	-0,07

Tabla N°5 Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.

Para el Ensayo de Aptitud, se utilizó la mayor deriva encontrada entre dos calibraciones sucesivas (0,53).

De acuerdo a la especificación técnica del fabricante, una estabilidad típica (long-term) en humedad relativa para el sensor HMP76 es mejor que 1 % RH/year.

Por lo tanto, es muy posible que estas diferencias sean debido a una incertidumbre por estabilidad de long-term más que a una deriva del patrón viajero. Por lo tanto, para el

cálculo del error normalizado, un componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de una deriva del patrón viajero fue adicionada al presupuesto de incertidumbre del laboratorio de referencia, lo cual significa que la incertidumbre expandida de referencia será más alta que las calculadas por el laboratorio Piloto.

Para propósitos de esta comparación; la deriva será evaluada como una distribución rectangular tipo B; la evaluación entonces es:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

Datos de las mediciones

En la Tabla 6 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio E, y en la tabla 4 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de presión nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPNR-HR, para el error y la incertidumbre combinada, son el promedio de las lecturas realizadas de las tres diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPNR-HR.

$$E_{\text{Enaer}} = (E1 + E2 + E3) / 3$$

$$U_{\text{Enaer}} = (U1 + U2 + U3) / 3$$

Error Promedio de los participantes

Datos Error Promedio Laboratorios									
%HR	LCPNR-HR	H-18-21	H-18-23	H-18- 24	H-18- 25	H-18-28	H-18-29	H-18-31	H-18-32
					(Nota 1)				
23,0	0,69	N.R	0,6	N.R	-0,56	1,36	N.R	0,62	0,85
33,0	0,70	0,2	N.R	-0,14	-0,83	1,36	0,18	0,79	0,23
59,0	0,10	-0,3	-0,2	-0,46	-1,75	0,84	-0,14	0,94	0,92
75,0	-0,63	-0,5	N.R	-1,20	-1,03	0,50	0,56	0,64	-0,39
85,0	-1,06	N.R	-1,3	-1,66	0,39	0,33	0,63	0,21	-0,40

Tabla N°6 Error promedio de los laboratorios participantes.

N.R: No reportado.

Nota 1: En el valor reportado por el laboratorio H-18-25, se aprecia una diferencia de cálculo producto del redondeo, pero el resultado del error es validada por la concordancia en la hoja de respaldo de sus resultados.

GRAFICOS

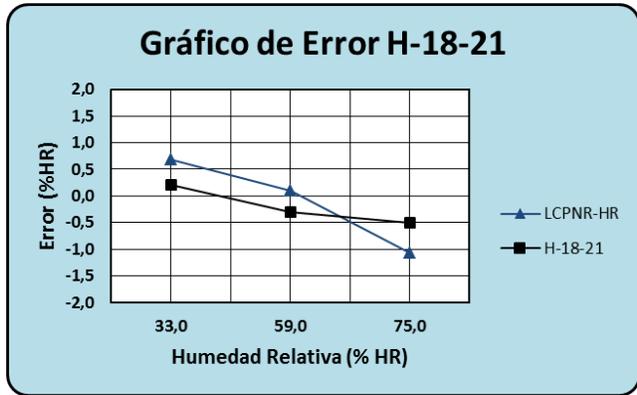


Grafico (a)

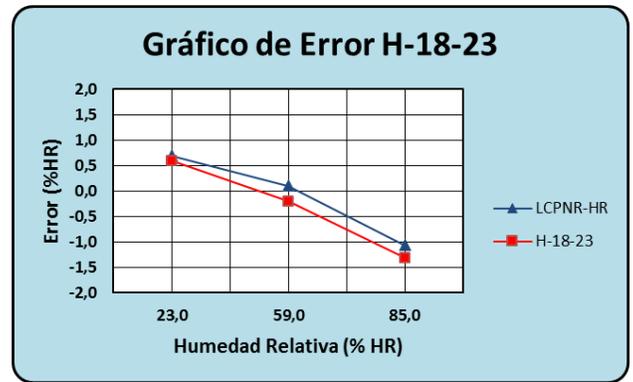


Grafico (b)

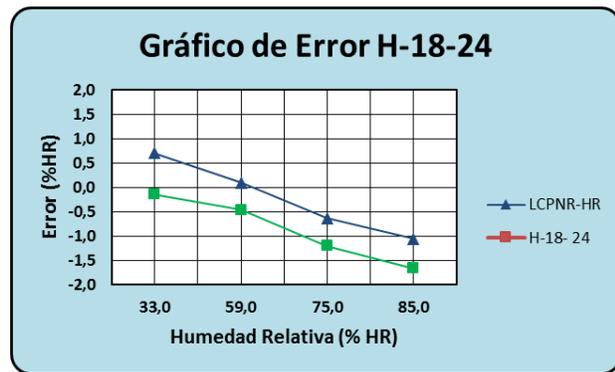


Grafico (c)

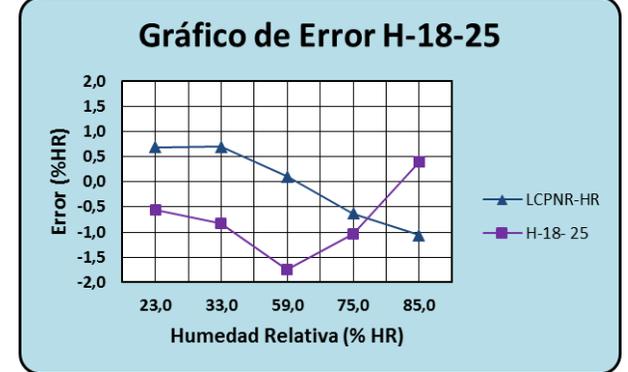


Grafico (d)

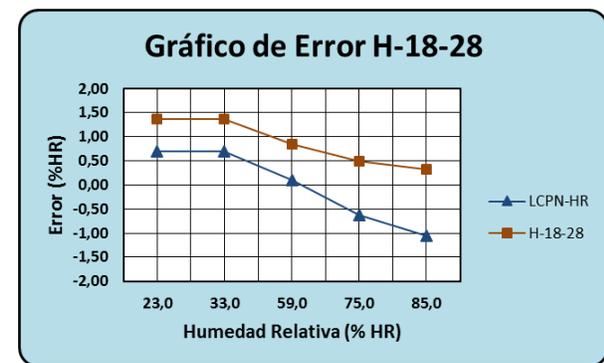


Grafico (e)

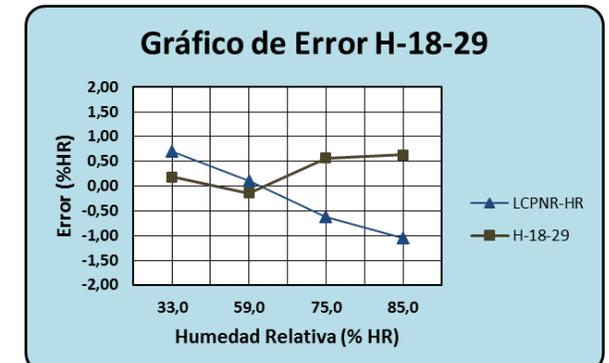


Grafico (f)

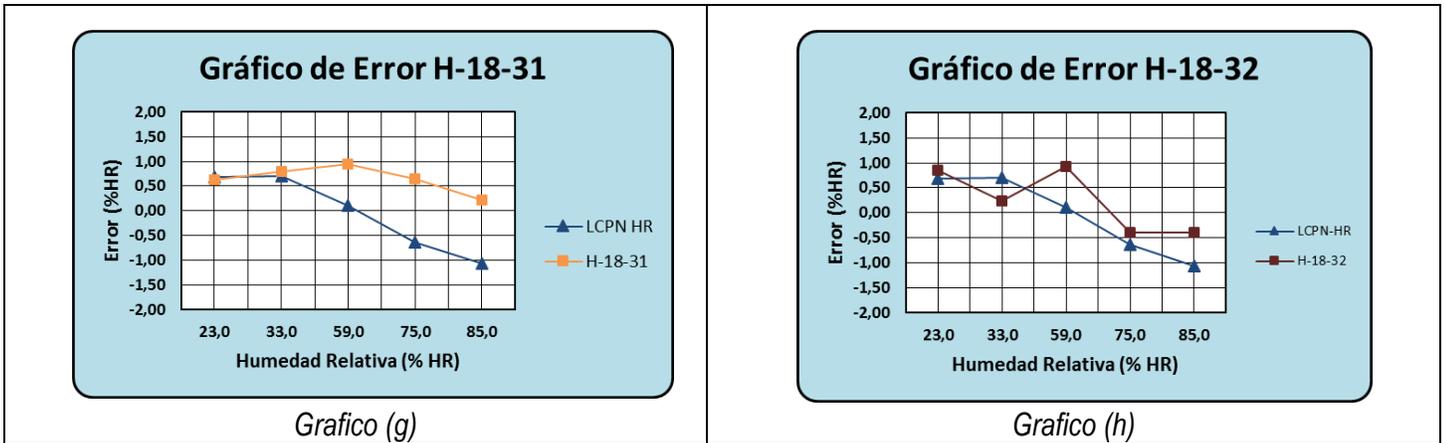


Gráfico 3. Individuales Error de cada participante con LCPNR-HR

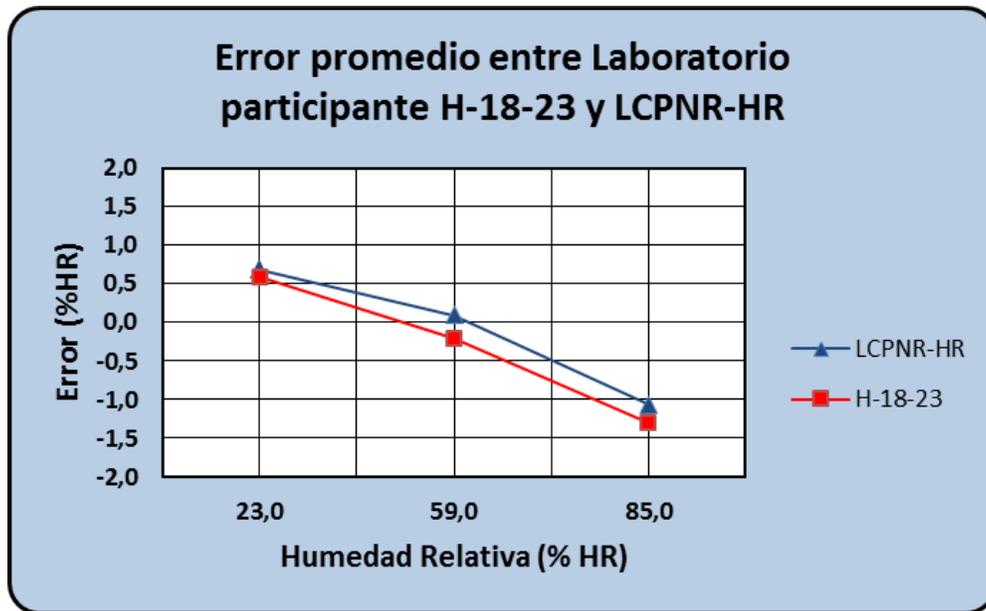


Gráfico 4. Error promedio entre el laboratorio H-18-23 y el LCPNR-HR.

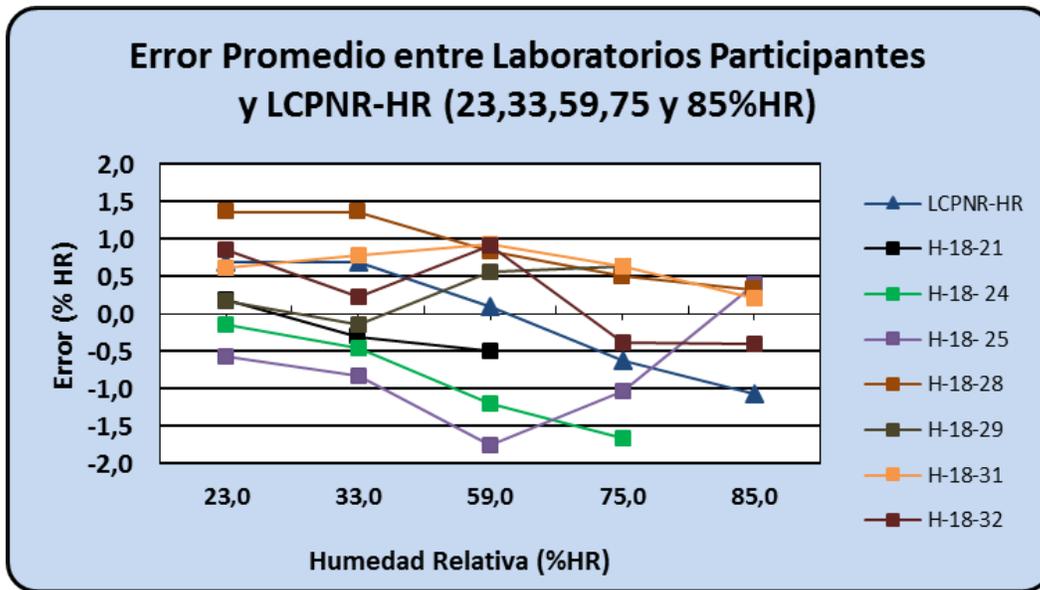


Grafico 5. Error promedio entre laboratorios.

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios									
%HR	LCPNR-HR	H-18-21	H-18-23	H-18-24	H-18-25	H-18-28	H-18-29	H-18-31	H-18-32
23,0	0,50	N.R.	3,1	N.R.	1,7	5,00	N.R.	1,0	1,27
33,0	0,56	1,5	N.R.	4,4	1,7	5,08	3,9	1,0	1,06
59,0	1,03	1,6	3,1	4,9	1,7	5,26	3,9	1,0	1,82
75,0	1,20	1,8	N.R.	5,0	1,7	5,26	5,0	1,1	1,71
85,0	1,68	N.R.	3,1	4,7	1,7	5,25	5,0	1,2	2,00

Nota: N.R.= No reportada.

Tabla N°7. Datos de la incertidumbre expandida, U, obtenidos por los participantes.

Con la tabla anterior se representa las siguientes graficas:

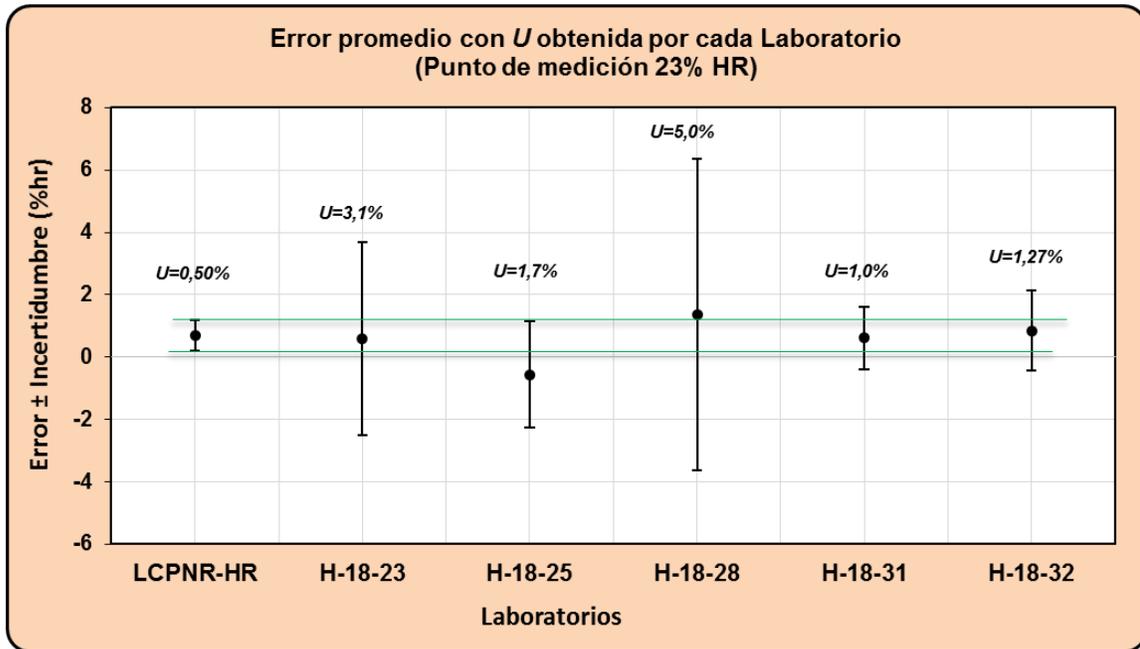


Gráfico 6. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (23% HR).

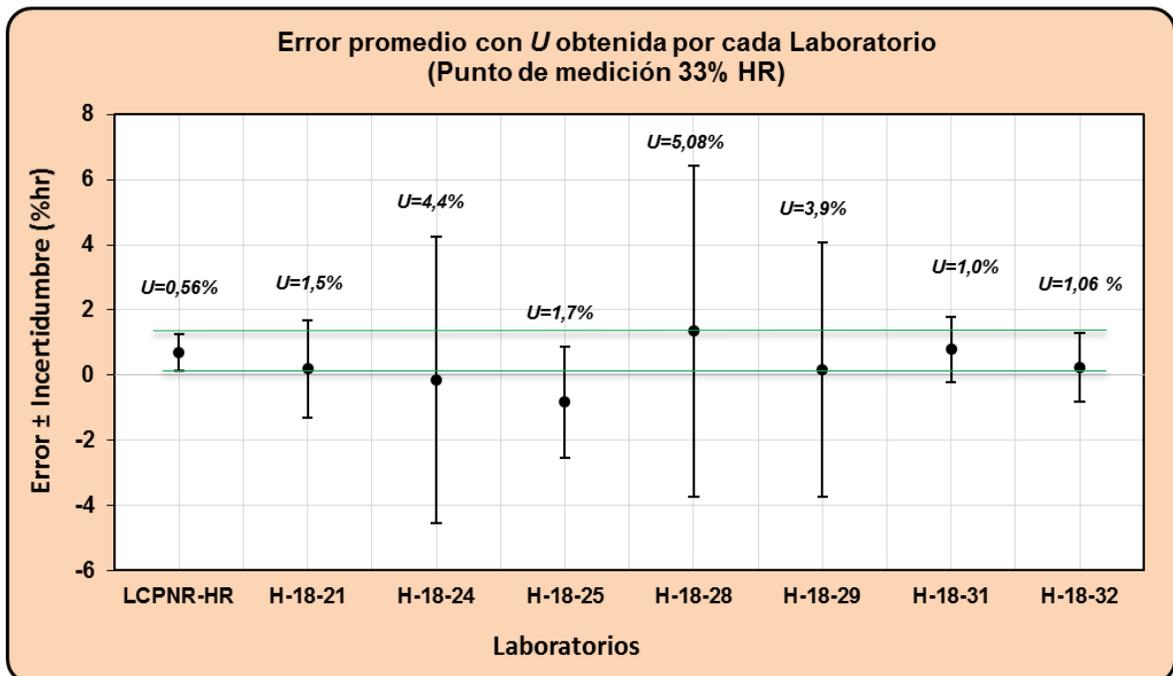


Gráfico 7. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (33% HR).

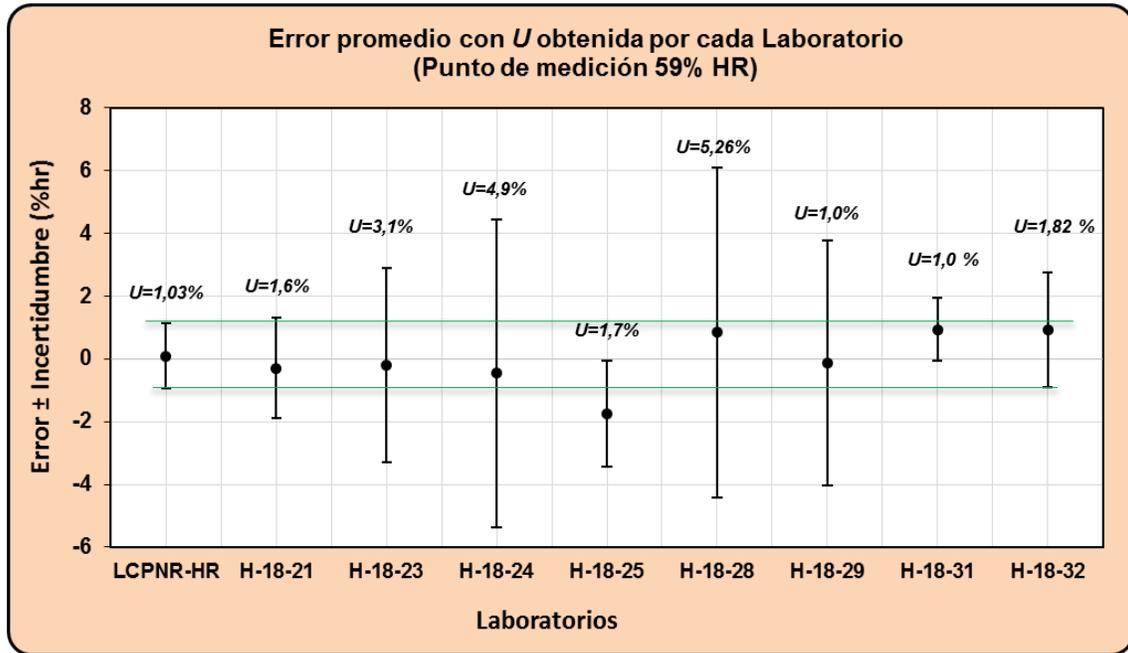


Gráfico 8. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (59% HR).

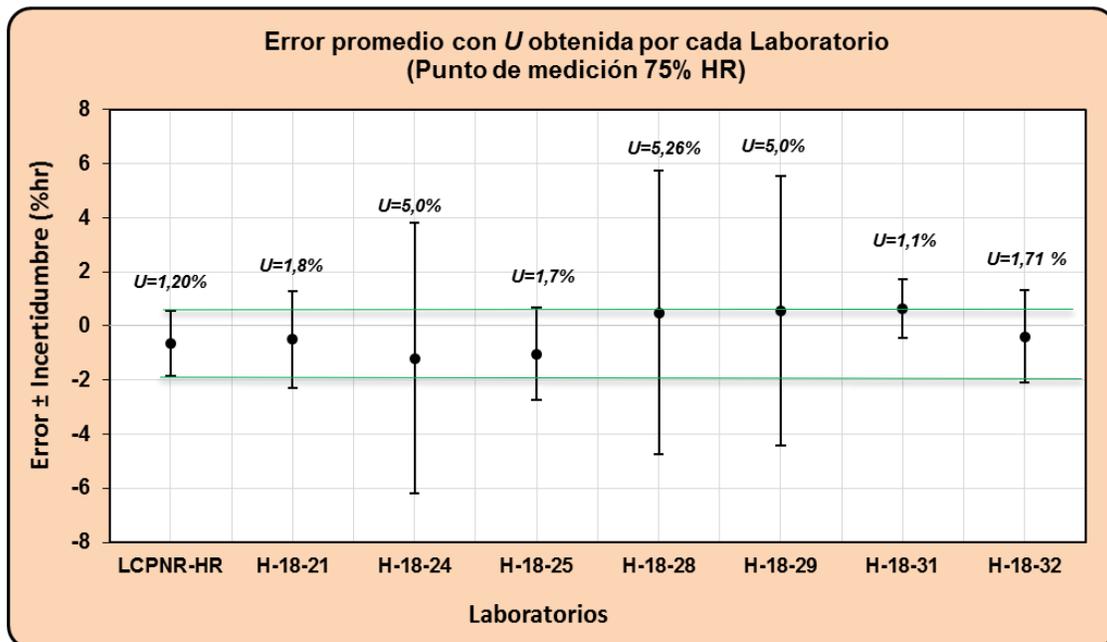


Gráfico 9. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (75% HR).

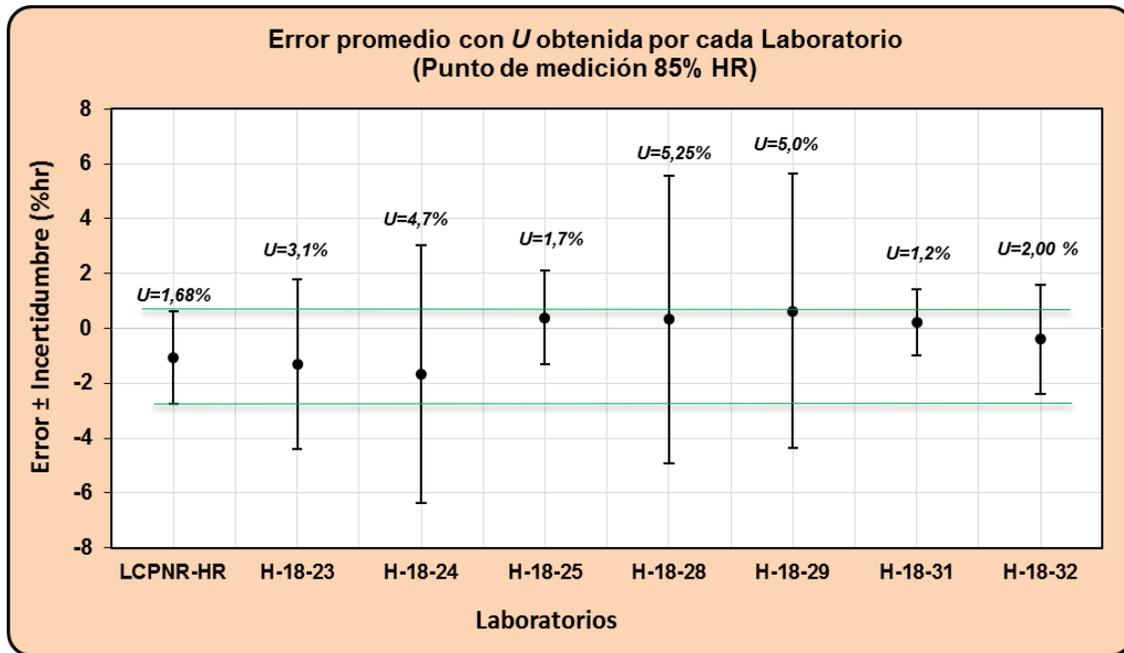


Gráfico 10. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (85% HR).

El siguiente gráfico nos muestra el punto de calibración en Humedad con mayor dispersión entre los resultados de los participantes:

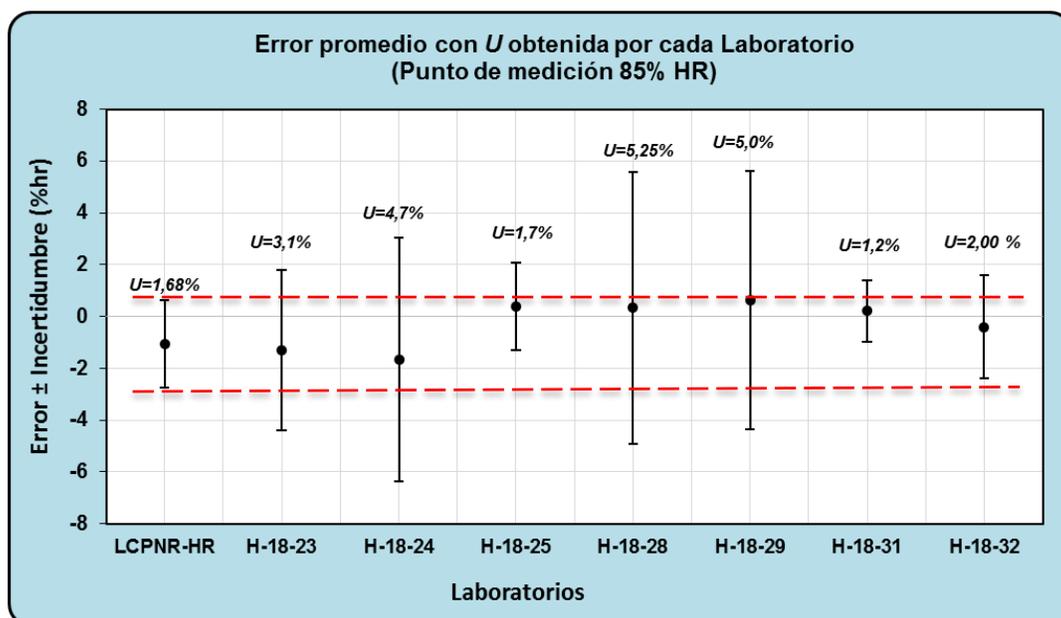


Gráfico 11. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de medición con mayor dispersión

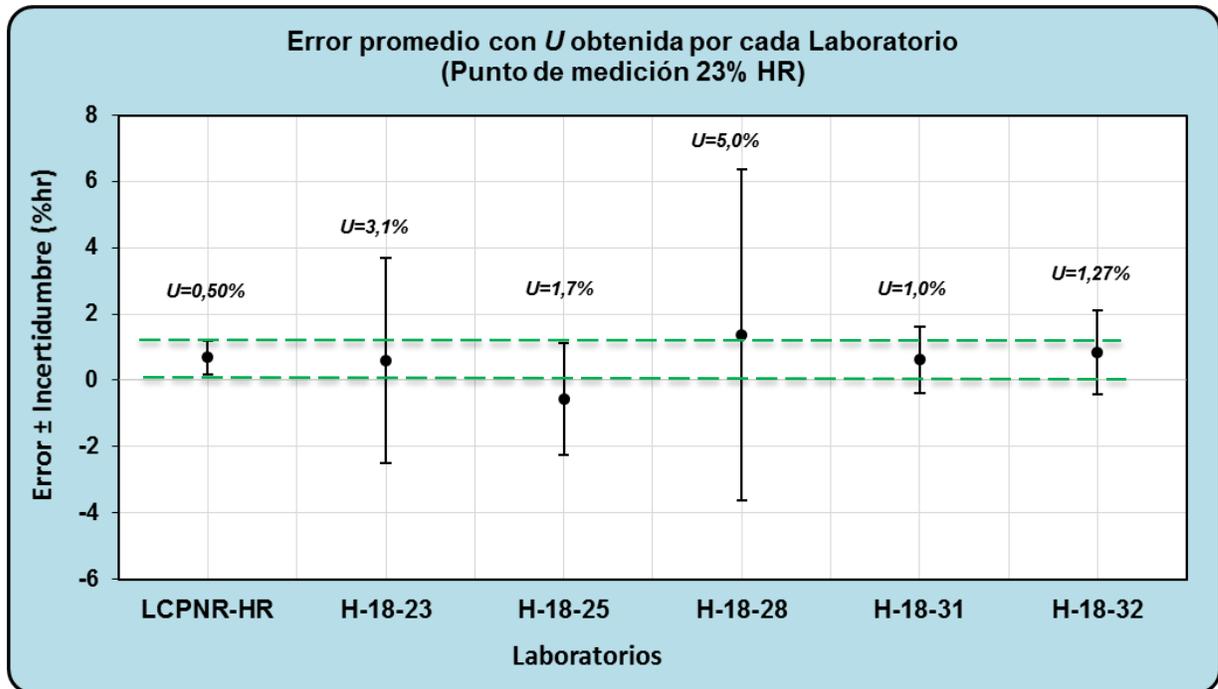


Gráfico 12. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de menor dispersión

Evaluación de los resultados

Valor de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = \frac{E_{lab} - E_{ref}}{\sqrt{(U_{lab})^2 + (U_{ref})^2}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

E_{ref} = Error de la medición de referencia (LCPNR-HR).

U_{lab} = U expandida ($k=2$) del error de la medición del laboratorio participante.

U_{ref} = Incertidumbre expandida ($k=2$) de referencia (LCPNR-HR).

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$$|E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio}$$

$$|E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio}$$

Debe recordarse que para el cálculo del error normalizado, se agregó un componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del estándar de transferencia al presupuesto de incertidumbre del laboratorio de referencia, según la ecuación (2).

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

		ERROR DE LOS PARTICIPANTES							
VALOR NOMINAL NOMINAL (%HR)	Error Promedio LCPNR-HR	LAB-H18-21	LAB-H18-23	LAB-H18-24	LAB-H18-25	LAB-H18-28	LAB-H18-29	LAB-H18-31	LAB-H18-32
23,0	0,69	-----	0,6	-----	-0,56	1,36	-----	0,62	0,85
33,0	0,70	0,2	-----	-0,14	-0,83	1,36	0,18	0,79	0,23
59,0	0,10	-0,3	-0,2	-0,46	-1,75	0,84	-0,14	0,94	0,92
75,0	-0,63	-0,5	-----	-1,20	-1,03	0,50	0,56	0,64	-0,39
85,0	-1,06	-----	-1,3	-1,66	0,39	0,33	0,63	0,21	-0,40

Tabla N°8 Error de los participantes

		INCERTIDUMBRE DE LOS PARTICIPANTES									
VALOR NOMINAL NOMINAL (%HR)	u Promedio LCPNR-HR	u Deriva LCPNR-HR	U ref LCPNR-HR	LAB-H18-21	LAB-H18-23	LAB-H18-24	LAB-H18-25	LAB-H18-28	LAB-H18-29	LAB-H18-31	LAB-H18-32
23,0	0,50	0,31	0,79	-----	3,1	-----	1,7	5,00	-----	1,0	1,27
33,0	0,56	0,31	0,83	1,50	-----	4,4	1,7	5,08	3,9	1,0	1,06
59,0	1,03	0,31	1,20	1,60	3,1	4,9	1,7	5,26	3,9	1,0	1,82
75,0	1,20	0,31	1,35	1,80	-----	5,0	1,7	5,26	5,0	1,1	1,71
85,0	1,68	0,31	1,78	-----	3,1	4,7	1,7	5,25	5,0	1,2	2,00

Tabla N°9 Incertidumbre de todos los participantes

CALCULO DE ERROR NORMALIZADO POR LABORATORIO								
VALOR NOMINAL NOMINAL (%HR)	LAB-H18-21	LAB-H18-23	LAB-H18-24	LAB-H18-25	LAB-H18-28	LAB-H18-29	LAB-H18-31	LAB-H18-32
23,0	-----	0,03	-----	0,67	0,13	-----	0,05	0,11
33,0	0,29	-----	0,19	0,81	0,13	0,13	0,07	0,35
59,0	0,20	0,09	0,11	0,89	0,14	0,06	0,54	0,38
75,0	0,06	-----	0,11	0,18	0,21	0,23	0,73	0,11
85,0	-----	0,07	0,12	0,59	0,25	0,32	0,59	0,24

Tabla N°10. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes
(En los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

GRAFICOS DE ERROR NORMALIZADO

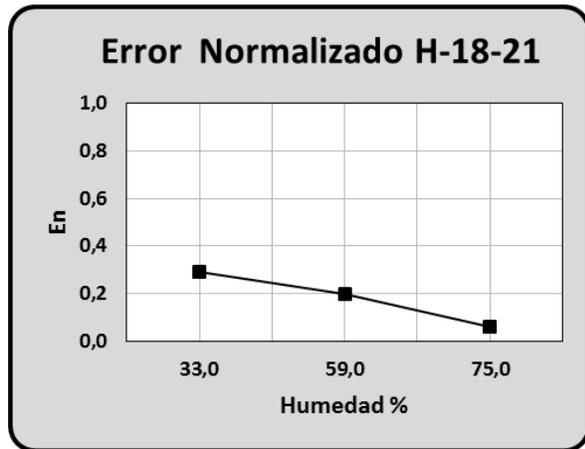


Grafico (a)

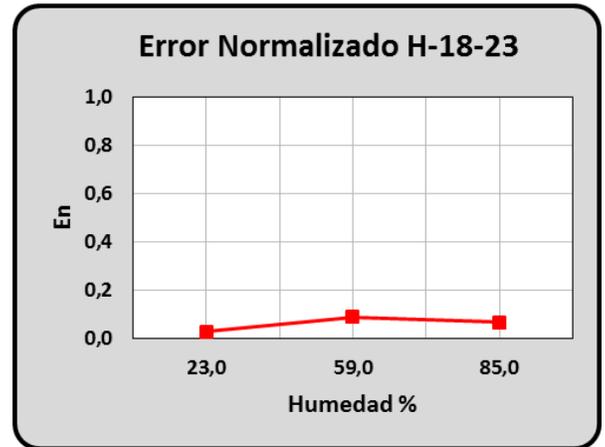


Grafico (b)

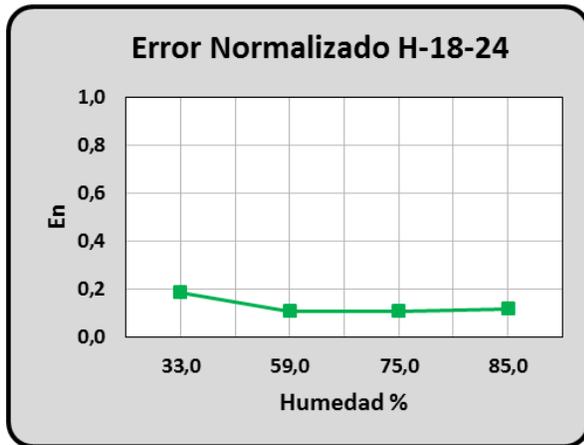


Grafico (c)

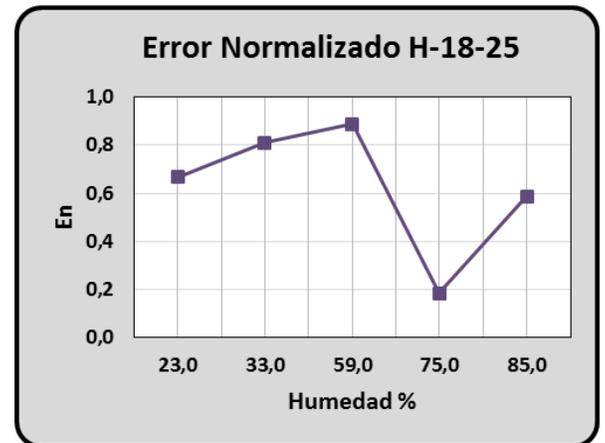


Grafico (d)

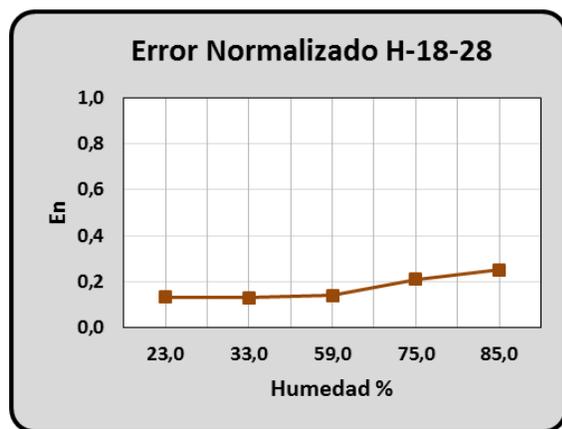


Grafico (e)

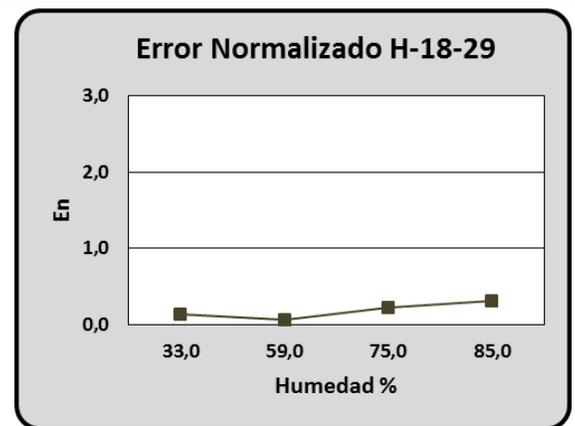


Grafico (f)

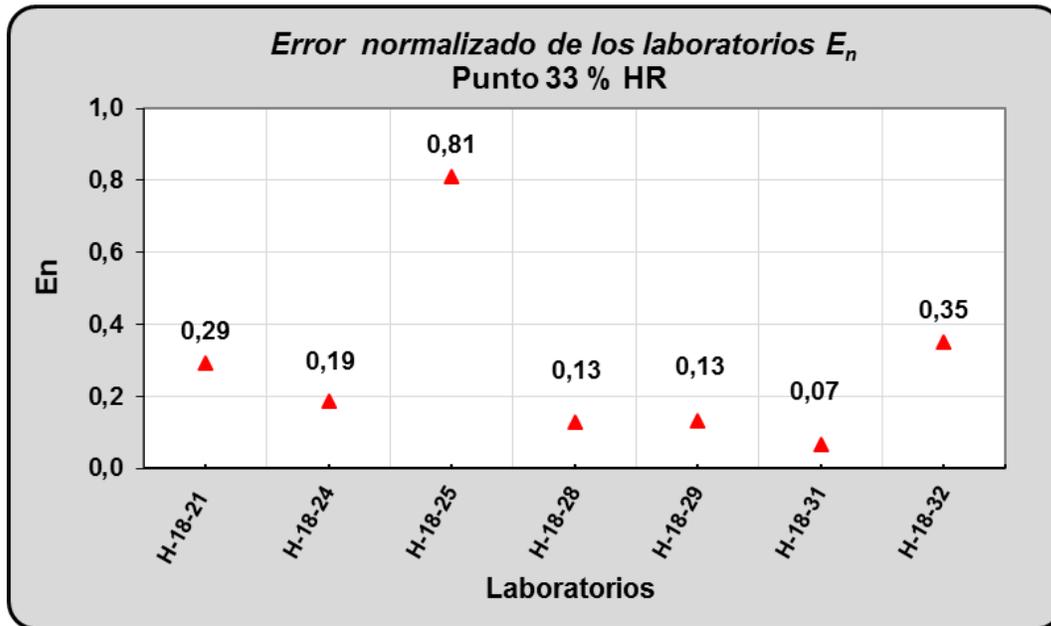


Gráfico 14. Errores normalizados en el punto de calibración 33 % HR.

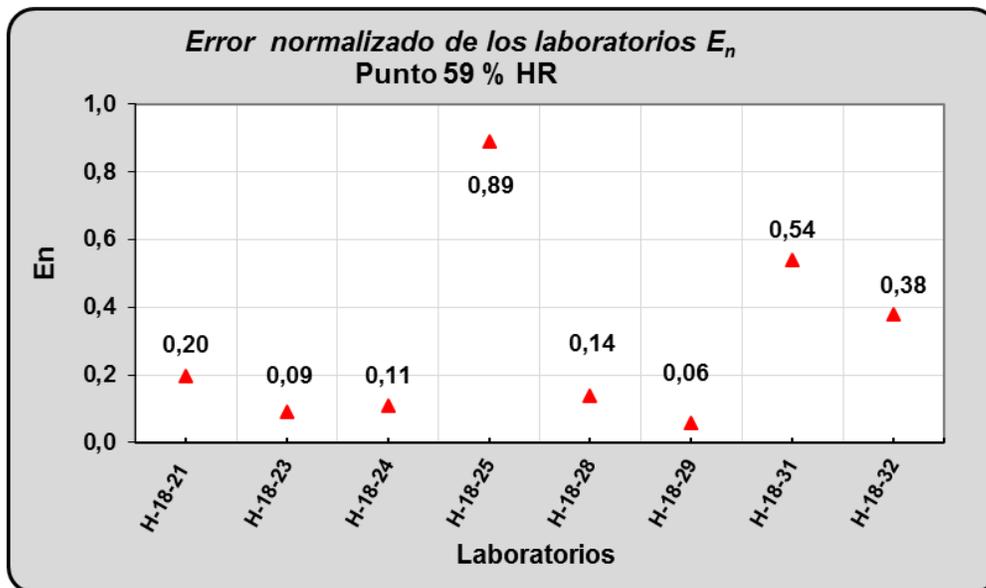


Gráfico 15. Errores normalizados en el punto de calibración 59 % HR.

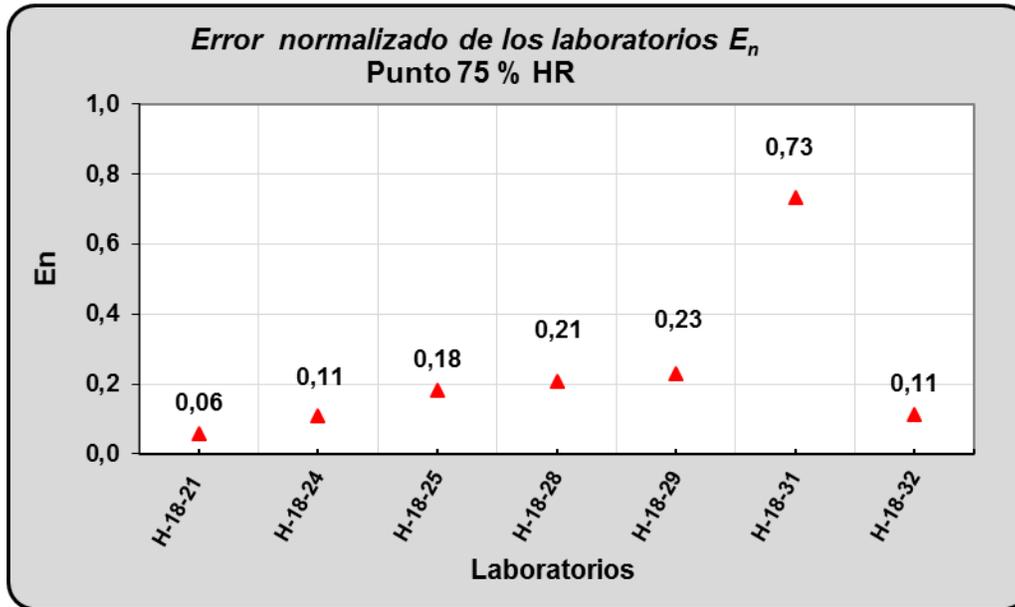


Gráfico 16. Errores normalizados en el punto de calibración 75 % HR.

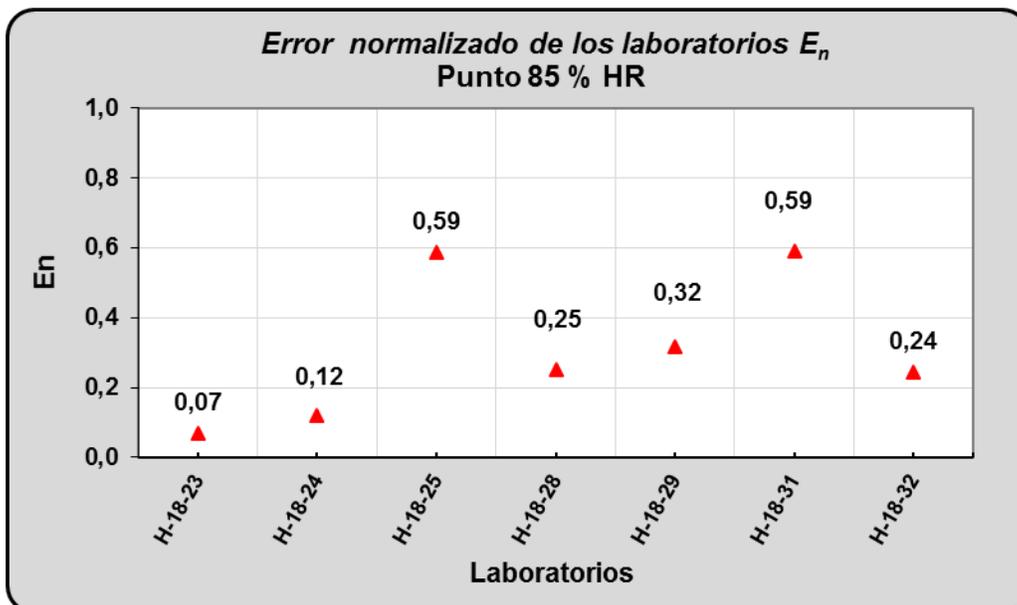


Gráfico 17. Errores normalizados en el punto de calibración 85 % HR.

ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La siguiente tabla resume la evaluación de cada participante de acuerdo a la comparación nacional H-18:

Para la evaluación recordaremos el presupuesto de incertidumbre para esta comparación:

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2 [HR_p + C_R] + u^2 [\%HR_p]_{der} + u^2 [\%HR_{IBC}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hist}] + u^2 [\delta(\%HR)_{stb}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hmg}]}$$

Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	$[HR_p + C_R]$	$[\%HR_p]_{der}$	$[\%HR_{IBC}]$		$\delta(\%HR)_{hist}$	$\delta(\%HR)_{stb}$	$\delta(\%HR)_{hmg}$	U_{exp} (% HR)	MCM
					REP	URES					
1	H-18-21	ok	*	*	ok	*	*	*	*	(1,5 a 1,8)	Sin dato
2	H-18-23	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	(3,1)	Sin dato
3	H-18-24	ok	ok	*	*	*	*	*	*	(4,4 a 5,0)	Sin dato
4	H-18-25	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	(1,7)	1,5%
5	H-18-28	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	(5,00 a 5,26)	Sin dato
6	H-18-29	ok	ok	*	ok	*	*	*	*	(3,9 a 5,0)	Sin dato
7	H-18-31	ok	*	*	*	ok	*	*	*	(0,8 a 1,1)	Sin dato
8	H-18-32	ok	ok	*	ok	ok	*	*	*	(1,06 a 2,00)	(4,0 a 5,0)

Participante H-18-21

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

Los datos de incertidumbre del patrón (0,25 ; 0,45) %HR no corresponden a los datos informados en el registro de respaldo (1,2%HR)

El participante presenta Error en cálculo de incertidumbre por deriva

Informado : 0,07144

Debe ser : $0,03536/\sqrt{3} = 0,02042$

El participante presenta Error en cálculo de incertidumbre por resolución

Informado : 0,05774

Debe ser : $0,01/\sqrt{12} = 0,0029$

No hay respaldo de como se obtuvo la contribución histéresis , estabilidad y homogeneidad, por lo que no es posible evaluar su forma de calculo.

Participante H-18-23

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

Los datos de incertidumbre del patrón(1,011)%HR, no corresponden a los datos informados en el registro de incertidumbre asociada al patrón (1,71%HR).

No hay respaldo de como se obtuvo la contribución por histéresis; estabilidad y homogeneidad, por lo que no es posible evaluar su forma de cálculo.

El valor de incertidumbre informado para homogeneidad es igual en cada punto de calibración lo que no representa el comportamiento real de una cámara climática sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad de la cámara de humedad.

Participante H-18-24

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

Los datos de incertidumbre del patrón(0,3025)%HR, no corresponden a los datos informados en el registro de incertidumbre asociada al patrón (1,5 a 2,5)%HR.

Los datos de incertidumbre por deriva (0,1008)%HR, no corresponden a los datos informados en el registro de incertidumbre asociada al patrón (0,72)%HR.

No hay respaldo de como se obtuvo la contribución de incertidumbre por repetibilidad.

Debe incorporar la contribución por incertidumbre de histéresis en el presupuesto.

No hay respaldo de como se obtuvo la contribución por estabilidad y homogeneidad, por lo que no es posible evaluar su forma de cálculo.

Participante H-18-25

No hay respaldo de como se obtuvo la contribución por homogeneidad por lo que no es posible evaluar su forma de cálculo.

La incertidumbre por estabilidad informada corresponde a mediciones del patrón y debe ser de la cámara o medio de generación

El valor de incertidumbre informado para homogeneidad es igual en cada punto de calibración lo que no representa el comportamiento real de una cámara climática sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad de la cámara de humedad.

Participante H-18-28

El valor de incertidumbre por histéresis (0,8) no tiene respaldo en los registros del protocolo de datos.

El valor de incertidumbre informado para estabilidad y la homogeneidad es igual en cada punto de calibración lo que no representa el comportamiento real de una cámara climática sometida a diferentes condiciones de trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad de la cámara de humedad.

Participante H-18-29

No hay respaldo de como se obtuvo la contribución por deriva, homogeneidad y estabilidad por lo que no es posible evaluar su forma de cálculo.

El participante presenta Error en cálculo de incertidumbre por resolución

Informado : $(0,1/\sqrt{12})$

Debe ser : $(0,01/\sqrt{12})$.

Debe agregar en el presupuesto valor de incertidumbre por histéresis.

Participante H-18-31

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

Los datos de incertidumbre del patrón(0,07 a 0,18)%HR, no corresponden a los datos informados en el registro de incertidumbre asociada al patrón (0,4 a 0,9)%HR.

Reporta solamente valores de las contribuciones por deriva, repetibilidad, Histéresis, estabilidad y gradiente, por lo tanto no se pueden realizar mayores observaciones.

No reporta los valores de temperatura del aire en la carta de calibración en Humedad relativa.

Reporta solamente valores de las contribuciones por repetibilidad, Histéresis, estabilidad y gradiente, por lo tanto no se pueden realizar mayores observaciones.

El valor de incertidumbre informado para homogeneidad es igual en cada punto de calibración lo que no representa el comportamiento real de una cámara climática sometida a diferentes condiciones de

trabajo. Se recomienda revisar la norma DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas) para evaluar la estabilidad y homogeneidad de la cámara de humedad.

Participante H-18-32

Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.

Reporta solamente valores de las contribuciones deriva, Histéresis, estabilidad y homogeneidad, no se recibe respaldo de los cálculos realizados. Por lo tanto no se pueden realizar mayores observaciones. Secuencia según protocolo H-18

El laboratorio participante realiza las mediciones de Humedad a temperaturas diferentes de las acordadas en el protocolo de intercomparación H-18 (agosto 2018).

Puntos según protocolo

Humedad

Temperatura de referencia en la cámara	Puntos de medición en humedad relativa (%HR)				
	23 °C	23	33	59	75

Puntos realizados por el laboratorio participante:

Temperatura de referencia en la cámara (°C)	Puntos de medición Calibrado en Humedad Relativa (%HR)
10	23
20	33
30	59
-----	75
-----	85

CONCLUSIONES RONDA H-18

Error Normalizado.

- Los siguientes participantes de acuerdo a su desempeño obtuvieron un error Normalizado menor a 0,5:

H-18-21

H-18-23

H-18-24

H-18-25 (En punto de calibración de 75%HR)

H-18-28

H-18-29

H-18-31 (En punto de calibración de 23% HR y 33%HR)

H-18-32.

- Los siguientes participantes de acuerdo a su desempeño obtuvieron un error Normalizado mayor a 0,5:

H-18-25 (En punto de calibración de 23% HR, 33%HR, 59 %HR y 85 %HR)

H-18-31 (En punto de calibración de 59% HR, 75%HR y 85%HR)

*De los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ejercicio de acuerdo al criterio de cálculo de Error normalizado “**Ronda H-18**” integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:

- EL 100 % de los laboratorios obtienen un resultado **SATISFACTORIO**.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 8 laboratorios Participantes que presentaron resultados en éste ensayo de aptitud H-18 y la activa participación de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 8^oedition, 2006.
- (3) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPNR-HR ENAER 2016.
- (4) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (5) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.
- (6) DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas).