



RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES NACIONALES
MAGNITUD HUMEDAD RELATIVA
INFORME B

COMPARACIÓN NACIONAL

HRC-19
(participantes con Cámara Climática)

CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGROMETRO DIGITAL

Rango de medición: 33 a 85 % HR.

Medio de Generación: Cámara climática.

Agosto 2019 – Diciembre 2019

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 de ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneiente a la Red Nacional de Metrología realizan el Ensayo de Aptitud 2019. Para ello se ha elegido un instrumento que permite 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-18. La comparación se llevó a cabo desde agosto de 2019 a diciembre de 2019. 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 $\pm 1,0\%$ HR a $\pm 1,7\%$ HR y una resolución de 0,01% HR. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Humedad de ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN y 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 los obtenidos en el Ensayo de Aptitud 2019 íntegramente realizada entre los laboratorios de Humedad Relativa nacionales y el LCPNR-HR 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 2019 lograron incorporarse 10 laboratorios participantes en la magnitud Humedad Relativa.

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

Tabla 1. Empresas participantes.

Fechas para realizar las mediciones.

El equipo circuló de acuerdo con el siguiente cronograma:

Laboratorio	Empresa	Fecha Tentativa
1	LCPNR-HR (ENAER)	26/08/19 – 30/08/19
2	SMI	02/09/19 – 06/09/19
3	VETO	09/09/19 – 16/09/19
4	DTS	17/09/19 – 27/09/19
5	CESMEC	30/09/19 – 04/10/19
6	SERVINCAL CHILE SPA.	07/10/19 – 11/10/19
1	LCPNR-HR (ENAER)	14/10/19 – 18/10/19
7	CALMANREP EIRL	21/10/19 – 25/10/19
8	IDIC	28/10/19 – 05/11/19
9	USACH-CIDE	06/11/19 – 12/11/19
10	SOLMEE EIRL	13/11/19 – 19/11/19
11	EXACTIMET	20/11/19 – 26/11/19
1	LCPNR-HR (ENAER)	27/11/19 – 03/12/19

Tabla 2. Fechas de realización de la comparación

Esquema del desarrollo de la Comparación

El siguiente esquema explica el desarrollo de la actividad:

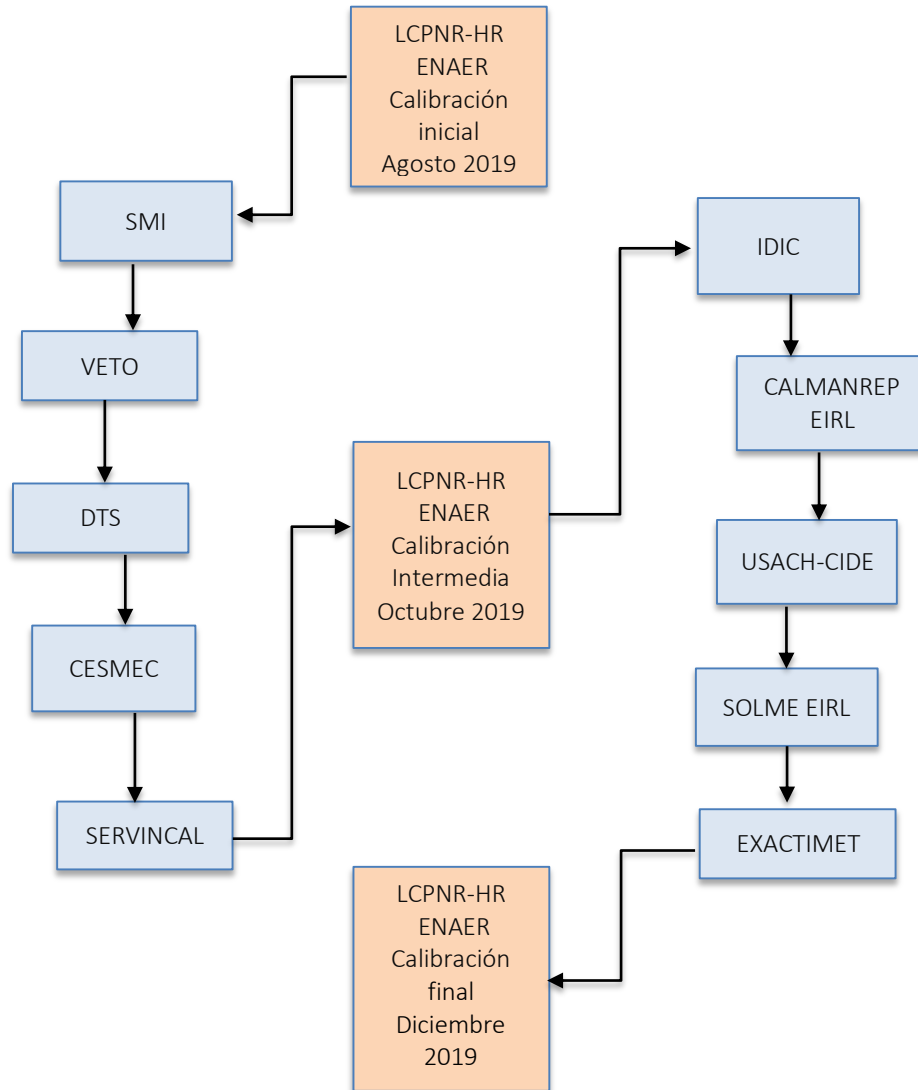


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPNR-HR de ENAER en noviembre de 2019.

El 04 de mayo de 2020 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 este informe al INN (INFORME B)

Patrón viajero de comparación

Medidor de Humedad y temperatura digital

El instrumento elegido como patrón viajero de comparación fue facilitado por LCPNR-HR de ENAER. En particular se utilizó un Medidor de humedad y temperatura digital, cuyas características se detallan en la tabla 3.

Marca	Modelo	Número de Serie	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución
Vaisala	Indicador: MI70 Sensor: HMP76	Indicador: P3120001 Sensor: P3340214	± 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 3. Patrón Viajero de comparación



Figura 2. Patrón viajero usado en la comparación H-19 para participantes con cámara climática

Puntos de calibración

Para el ensayo de aptitud 2019 se acordó realizar con los laboratorios participantes los siguientes puntos de calibración:

Humedad relativa

Temperatura de referencia en la cámara	Puntos de medición en humedad relativa (%HR)			
23 °C	33	59	75	85

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional (Julio 2019).

Patrón Nacional

Como patrón de referencia el LCPN-HR de ENAER utilizó un Generador de Humedad de dos Presiones.

LCPNR-HR de ENAER.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición % HR	Incertidumbre expandida, 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 4. Características del patrón de referencia utilizado por el laboratorio piloto.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El patrón viajero fue calibrado por el LCPNR-HR de ENAER en 3 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla 2. Para las tres calibraciones realizadas, el mismo procedimiento, estándar de referencia y equipamiento fueron usados.

La siguiente fotografía muestra el montaje para la calibración:



Figura 3. Montaje para la calibración del patrón viajero.

El LCPN-HR de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación a partir de las calibraciones efectuadas.

Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

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	33,01	33,99	0,98	0,50	33,01	34,18	1,17	0,50	33,00	33,96	0,96	0,50
	58,96	59,49	0,53	0,74	58,99	59,96	0,97	0,75	58,97	59,87	0,90	0,75
	75,04	75,16	0,12	0,94	75,05	75,47	0,42	0,95	75,03	75,56	0,53	0,95
	84,95	85,10	0,15	1,06	84,99	85,30	0,31	1,07	84,99	85,43	0,44	1,07

Tabla 5. Resultados de calibraciones realizadas por el LCPN-HR de ENAER al patrón viajero durante el ensayo de aptitud

En el gráfico 1 se presenta el error de medición encontrado por el LCPN-HR de ENAER para el patrón viajero a partir de las mediciones realizadas a lo largo de la comparación.

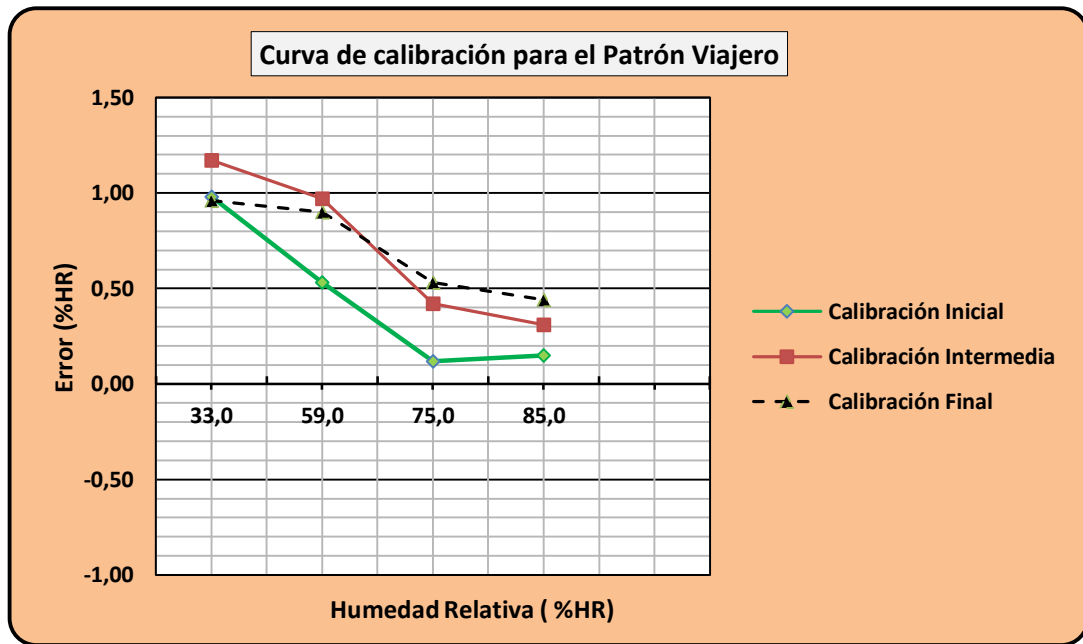


Gráfico 1. Error de medición encontrado para el patrón viajero en las calibraciones realizadas por el LCPN-HR de ENAER

a) Estudio de deriva (drift) del patrón viajero

La deriva del patrón viajero puede ser estimada en cada punto de comparación como la diferencia entre los errores de dos calibraciones sucesivas. En la tabla 6 se presentan los errores y las derivas entre las calibraciones inicial e intermedia (d_{1-2}) y entre la calibración intermedia y final (d_{2-3}).

RH Nominal	Patrón Viajero (Vaisala)					
	E_1	E_2	d_{1-2}	E_2	E_3	d_{2-3}
33	0,98	1,17	-0,19	1,17	0,96	0,21
59	0,53	0,97	-0,44	0,97	0,90	0,07
75	0,12	0,42	-0,30	0,42	0,53	-0,11
85	0,15	0,31	-0,16	0,31	0,44	-0,13

Tabla 6. Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas. En color amarillo se tiene la máxima deriva encontrada, mientras que en color azul se indica el mínimo valor de deriva.

Se encuentra como deriva mínima para el patrón viajero 0,07%HR, correspondiendo este valor a la diferencia entre los errores de las calibraciones intermedia y final, en el punto de calibración de 59%HR. Mientras que la deriva máxima alcanza el valor de 0,44%HR, el que se obtiene de la diferencia entre los errores de las calibraciones inicial e intermedia, en el punto de calibración 59%HR.

De acuerdo a la especificación técnica del fabricante, una estabilidad típica a largo plazo (long-term stability) en humedad relativa para el sensor HMP76 es mejor que 1%RH/year, por lo que las diferencias halladas se encuentran dentro del comportamiento característico del equipo. Sin embargo, para efectos de esta comparación se considerará como componente adicional al presupuesto de incertidumbre una posible deriva del patrón viajero, en particular se utilizó la mayor deriva encontrada entre dos calibraciones sucesivas (0,44%HR).

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

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

Valor de referencia e Incertidumbre 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.

$$E_{ref(LCPN-HR)} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2)$$

$$U_{ref(LCPN-HR)} = \max(U_1:U_n) \quad (3)$$

En el gráfico 2 se presenta el error promedio con su incertidumbre de calibración obtenida por el LCPNR-HR de ENAER.

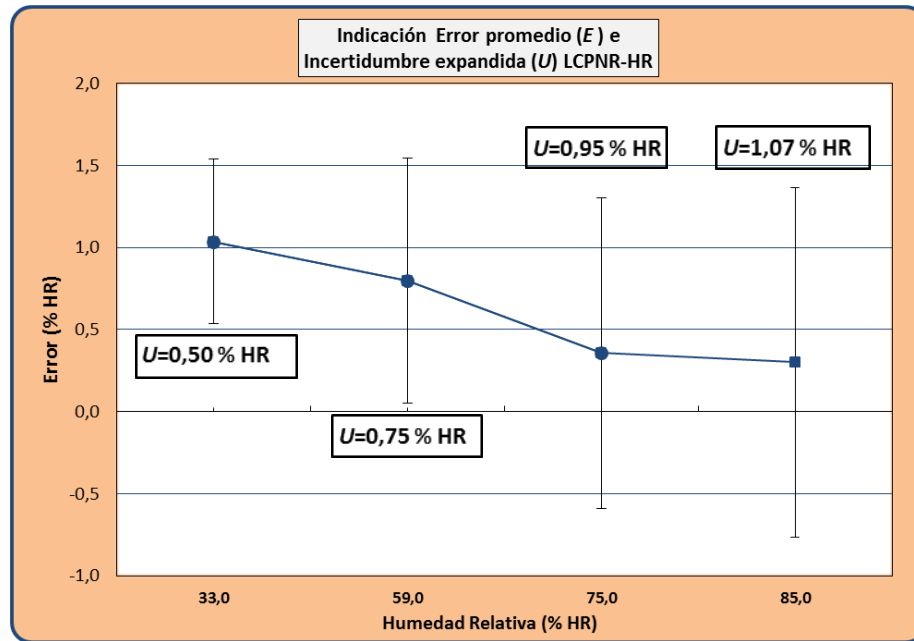


Gráfico 2. Error promedio, E , e incertidumbre expandida, U ($k=2$, 95%) obtenida por el LCPN-HR de ENAER.

Para el cálculo del error normalizado, se agregó una componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del patrón, según la ecuación (4).

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad (4)$$

En el gráfico 3 se muestran los resultados de error promedio del laboratorio piloto con los valores de incertidumbre de referencia respectivos con la consideración adicional por deriva del patrón.

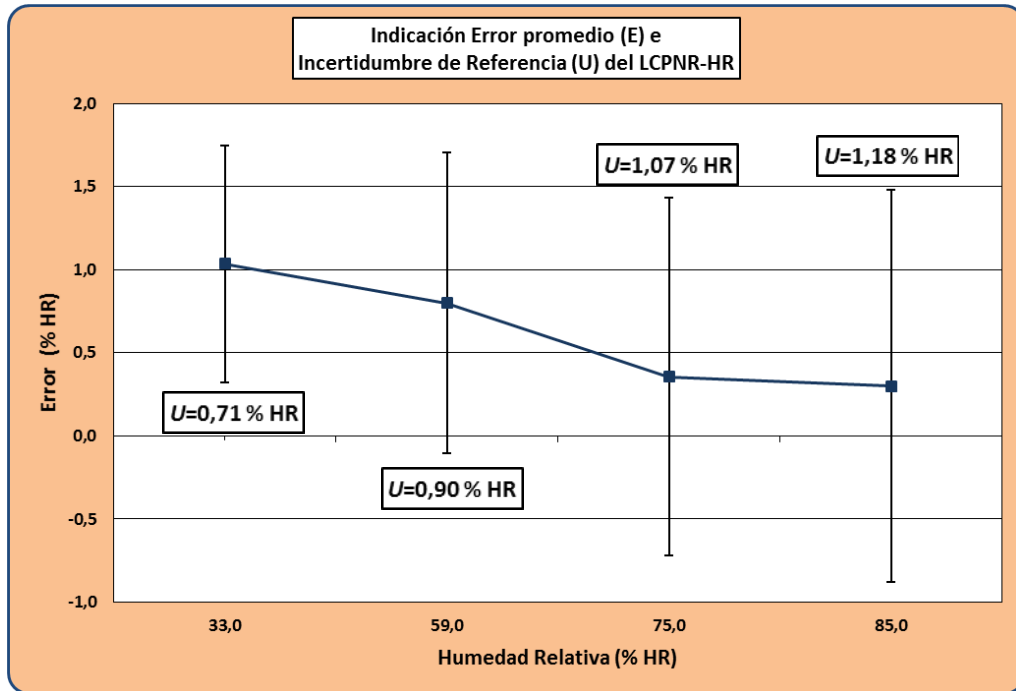


Gráfico 3. Error promedio, E , e incertidumbre del laboratorio de referencia, U ($k=2$, 95%), con consideración adicional por deriva del patrón viajero.

Datos de las mediciones

En la tabla 7 se presentan los resultados de error promedio obtenidos en la comparación por los laboratorios participantes y en la tabla 8 se encuentran las incertidumbres de medición de los participantes para los diferentes puntos de humedad relativa.

Error Promedio de los participantes

Valor Nominal (%HR)	Error Promedio LCPNR-HR	Datos Error Promedio Laboratorios (% HR)									
		H-19-05	H-19-06	H-19-07	H-19-11	H-19-15	H-19-30	H-19-40 (Nota 1)	H-19-45	H-19-57	H-19-73
33,0	1,04	0,49	-1,04	0,7	0,22	0,84	0,72	*	1,42	0,27	-0,74
59,0	0,80	0,29	-0,96	0,6	0,18	1,17	0,81	*	2,57	0,30	-1,58
75,0	0,36	0,66	-1,25	0,4	0,22	1,24	1,40	*	3,07	0,13	-1,32
85,0	0,30	0,44	-1,16	0,3	-0,51	1,27	1,36	*	3,26	0,13	0,88

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes. (Nota 1: El laboratorio no envió los datos para la comparación.)

En los gráficos que se presentan a continuación se muestra una comparación entre el error medio obtenido por cada participante y el mismo obtenido por el laboratorio piloto para cada punto de medición.

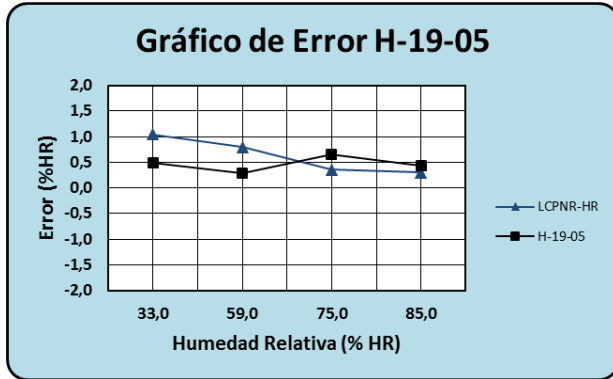


Gráfico (a)

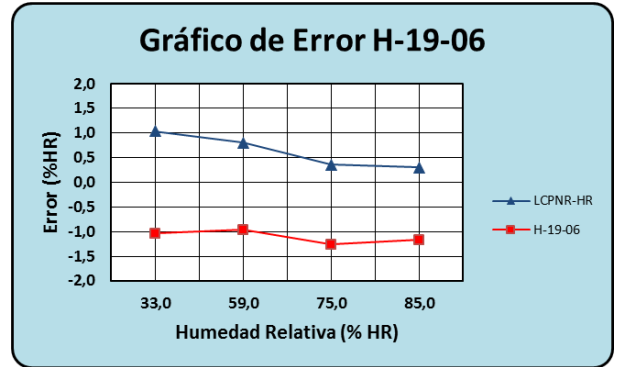


Gráfico (b)

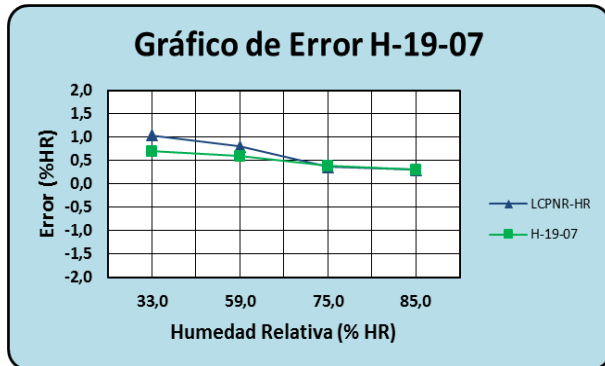


Gráfico (c)

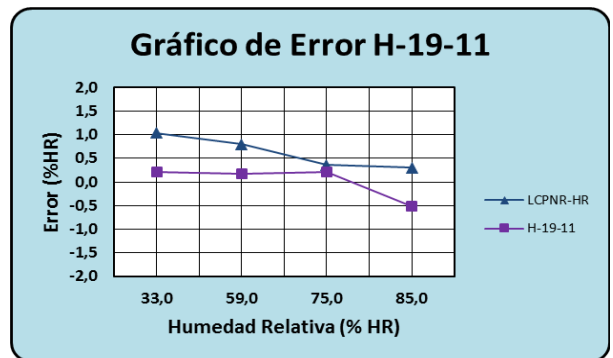


Gráfico (d)

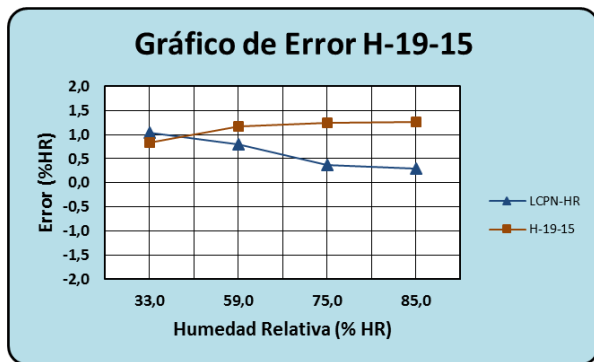


Gráfico (e)

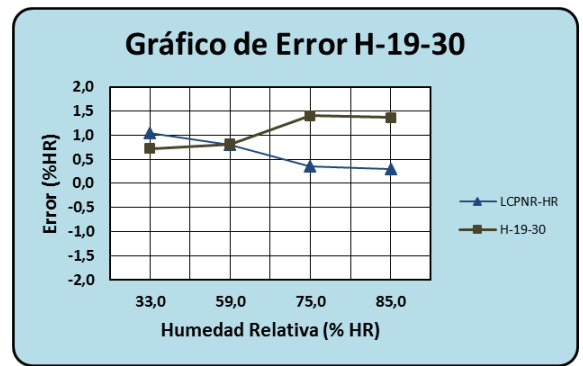
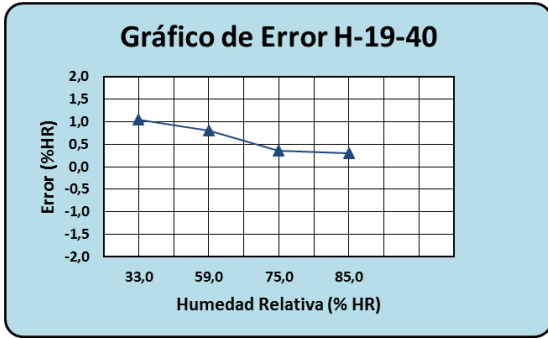


Gráfico (f)



Nota: El Laboratorio no entrego datos de calibración.

Gráfico (g)

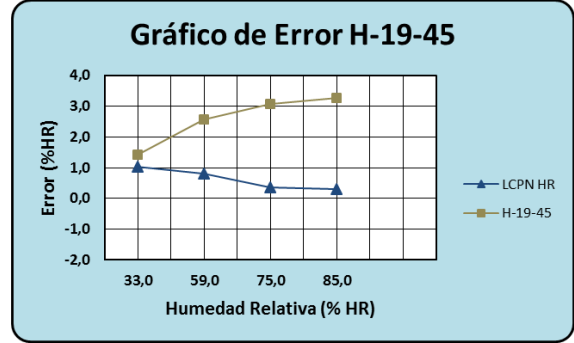


Gráfico (h)

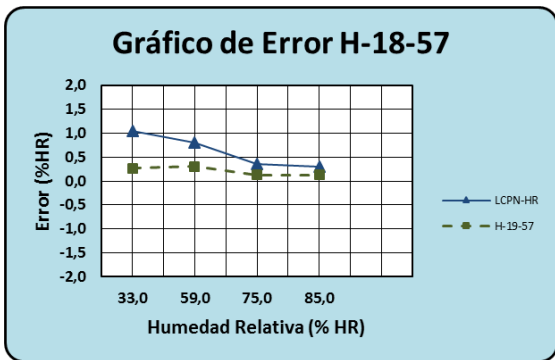


Gráfico (g)

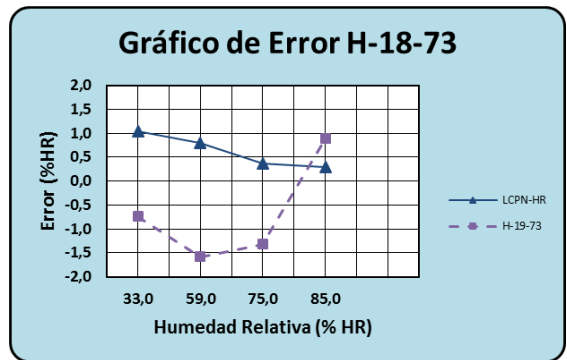


Gráfico (h)

Gráfico 4. Error Individual de cada participante con respecto a LCPNR-HR de ENAER.

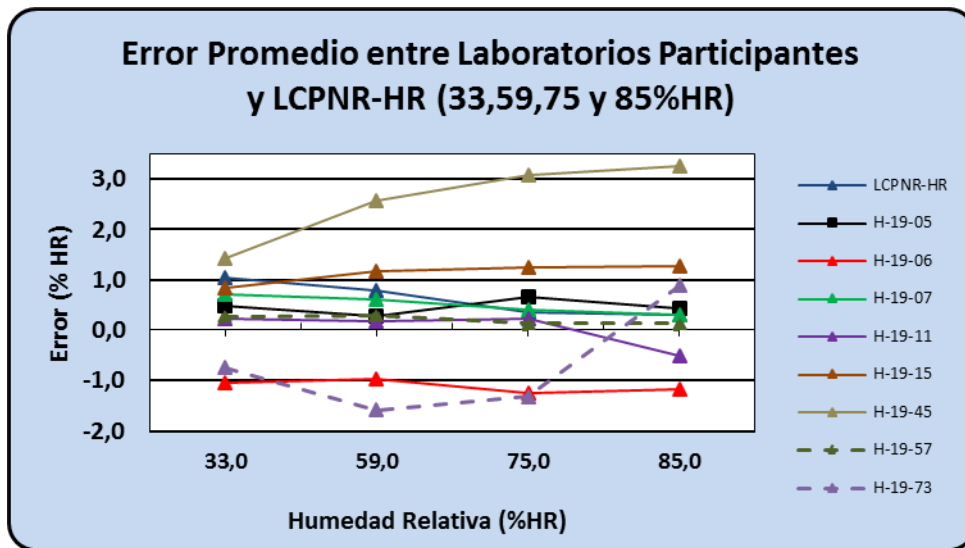


Gráfico 5. Error promedio de laboratorios participantes.

Incertidumbre de los participantes

Valor Nominal (%HR)	Error Promedio LCPNR-HR	Datos Error Promedio Laboratorios (% HR)									
		H-19-05	H-19-06	H-19-07	H-19-11	H-19-15	H-19-30	H-19-40 (Nota1)	H-19-45	H-19-57	H-19-73
33	1,04	0,49	-1,04	0,70	0,22	0,84	0,72	*	1,42	0,27	-0,74
59	0,80	0,29	-0,96	0,60	0,18	1,17	0,81	*	2,57	0,30	-1,58
75	0,36	0,66	-1,25	0,40	0,22	1,24	1,40	*	3,07	0,13	-1,32
85	0,30	0,44	-1,16	0,30	-0,51	1,27	1,36	*	3,26	0,13	0,88

Tabla 8. Datos de la incertidumbre expandida, U , obtenidos por los participantes. (Nota 1: El laboratorio no envió los datos para la comparación.)

En los gráficos 6, 7, 8 y 9 se presentan los resultados de error promedio obtenido por cada participante y su respectiva incertidumbre de medición en cada punto de humedad relativa medido. En cada gráfico se destaca en color verde el intervalo cubierto por la incertidumbre del laboratorio piloto.

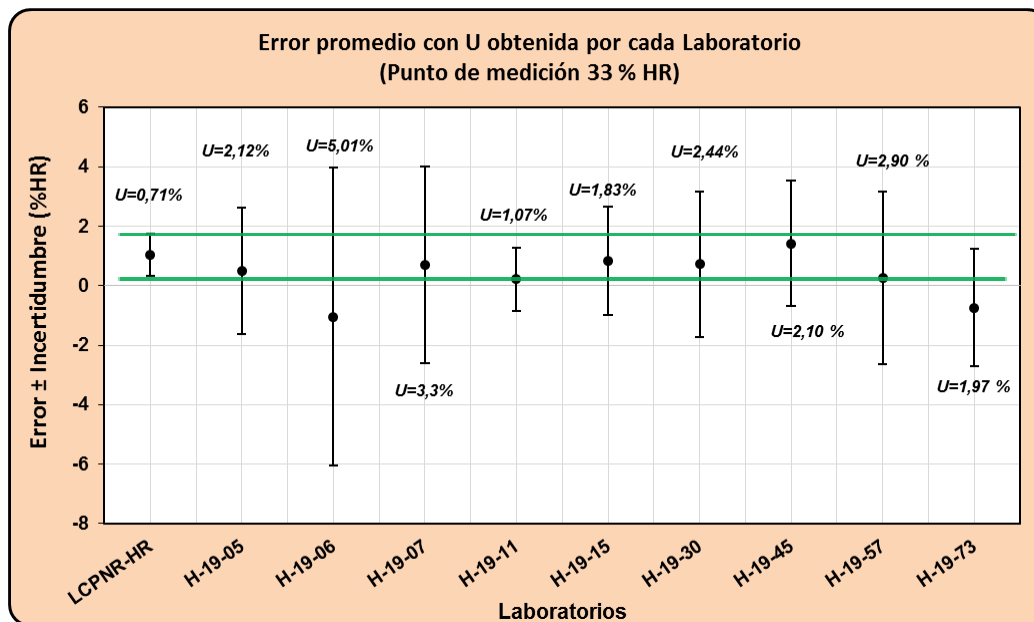


Gráfico 6. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (33% HR).

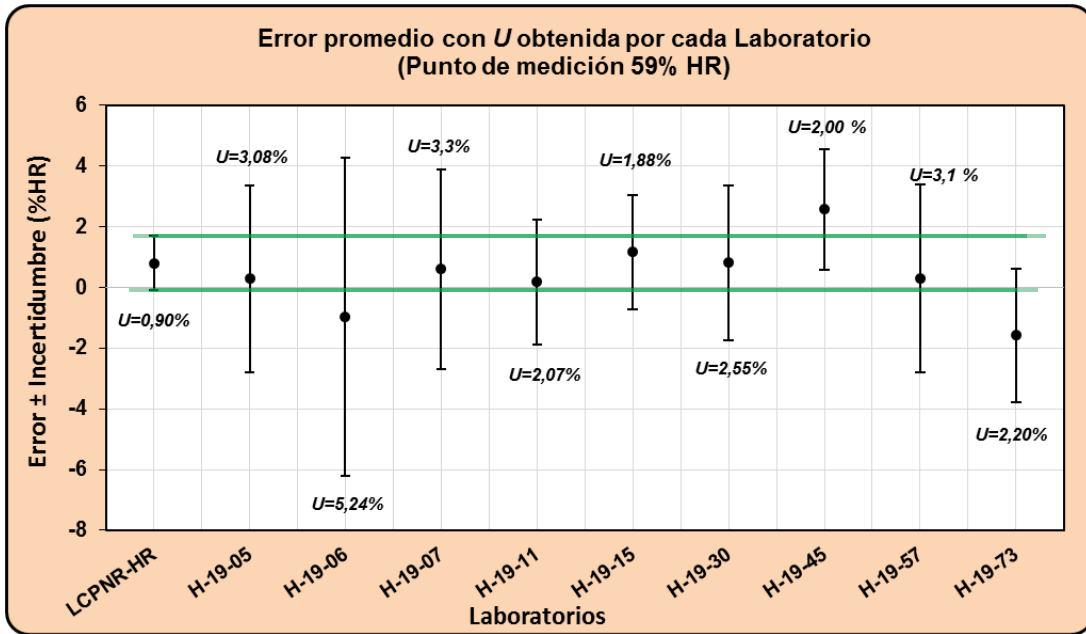


Gráfico 7. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (59% HR).

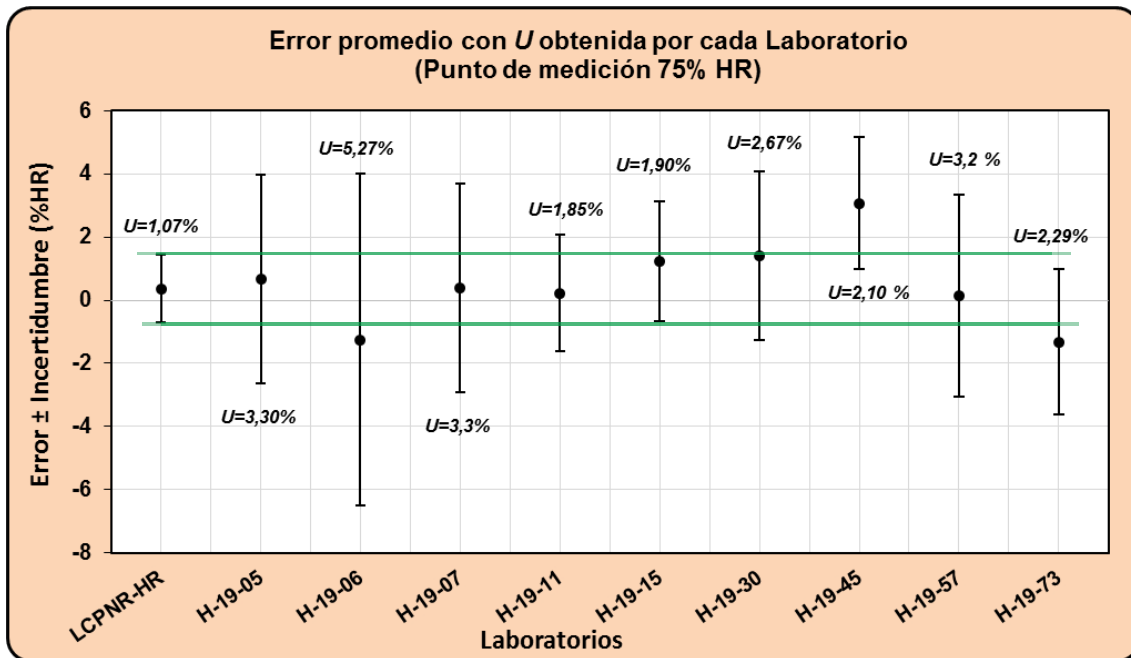


Gráfico 8. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (75% HR).

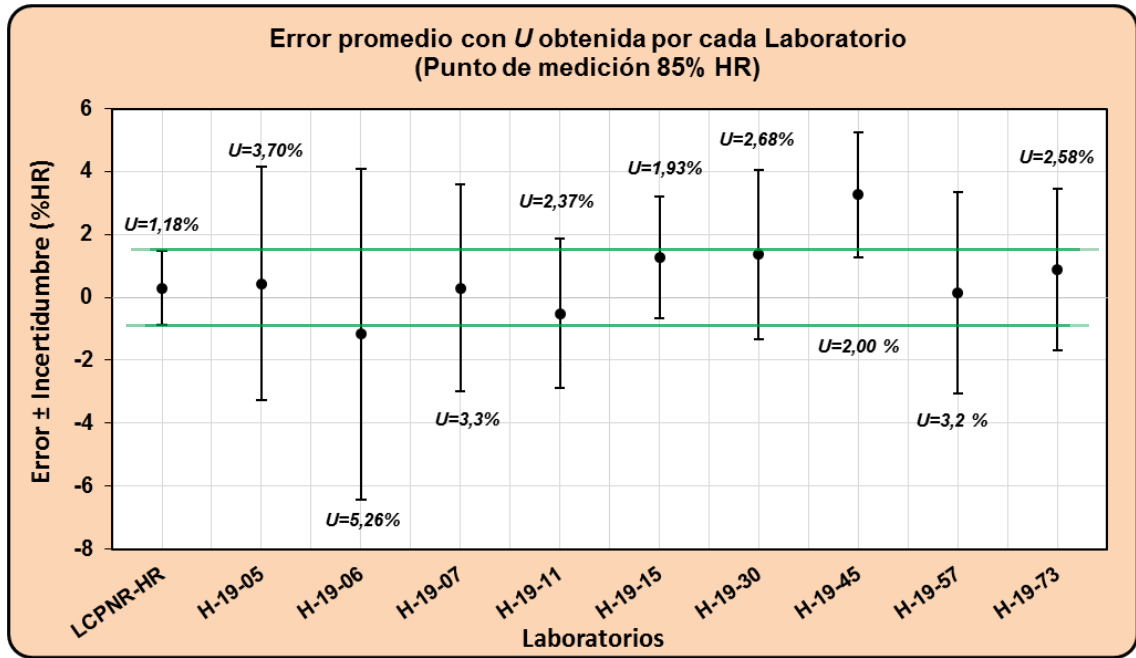


Gráfico 9. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (85% HR).

El gráfico 10 muestra el punto de calibración en humedad relativa con mayor dispersión entre los resultados de los participantes, correspondiente en este caso al punto 75%HR, mientras que en el gráfico 11 se tiene el punto 33%HR donde se encontró la menor dispersión entre los resultados de los participantes.

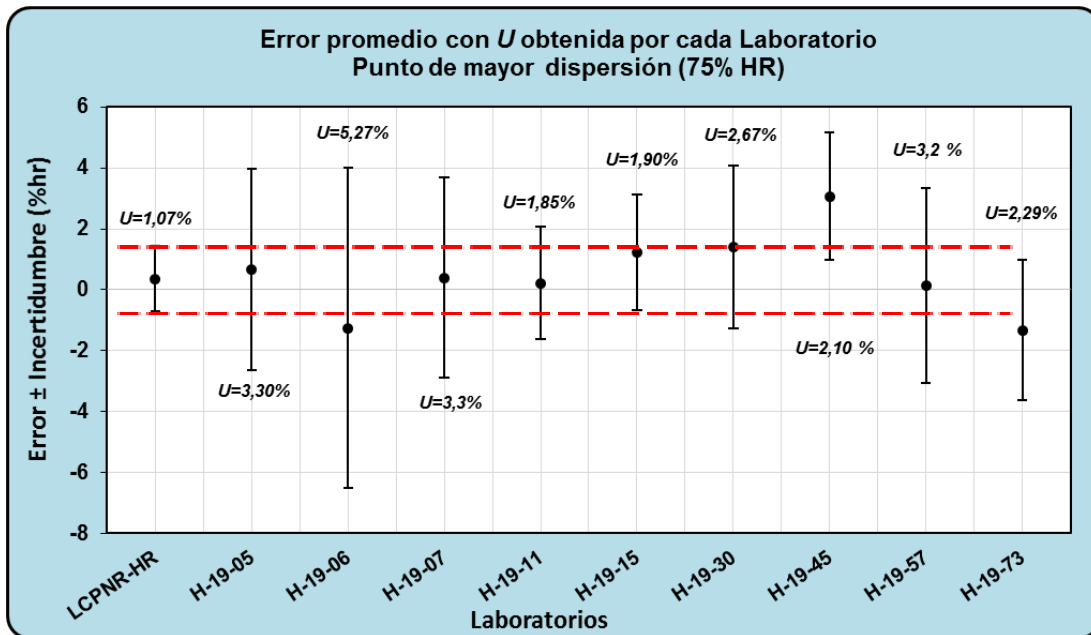


Gráfico 10. Datos de error promedio E, con incertidumbre expandida, U, en el punto de medición con mayor dispersión.

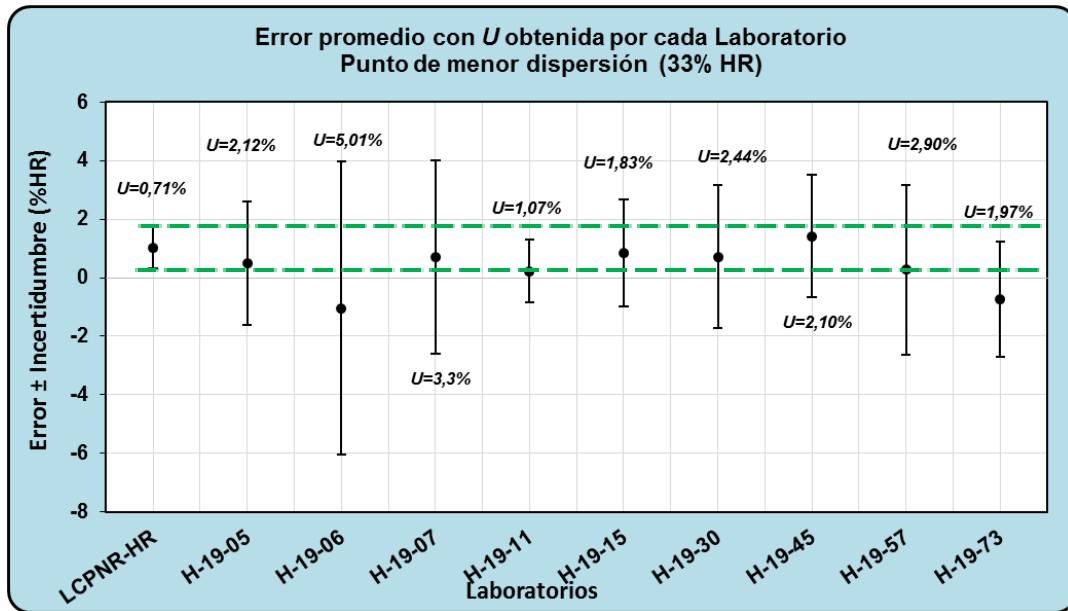


Gráfico 11. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de menor dispersión

Evaluación de los resultados

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 (5), que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = \frac{E_{lab} - E_{ref}}{\sqrt{(U_{lab})^2 + (U_{ref})^2}} \quad (5)$$

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 de ENAER).

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

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

El Error Normalizado determina el desempeño de acuerdo al siguiente criterio:

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

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

Cabe recordar 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 (ver (4)).

		Datos Error Promedio Laboratorios (% HR)									
Valor Nominal (%HR)	Error Promedio LCPNR-HR	H-19-05	H-19-06	H-19-07	H-19-11	H-19-15	H-19-30	H-19-40 (Nota 1)	H-19-45	H-19-57	H-19-73
33,0	1,04	0,49	-1,04	0,7	0,22	0,84	0,72	*	1,42	0,27	-0,74
59,0	0,80	0,29	-0,96	0,6	0,18	1,17	0,81	*	2,57	0,30	-1,58
75,0	0,36	0,66	-1,25	0,4	0,22	1,24	1,40	*	3,07	0,13	-1,32
85,0	0,30	0,44	-1,16	0,3	-0,51	1,27	1,36	*	3,26	0,13	0,88

Tabla 9. Error de los participantes. (Nota 1: El laboratorio no envió los datos para la comparación.)

			Incertidumbre de los laboratorios participantes (% HR)										
Valor Nominal (%HR)	u Promedio LCPNR-HR	u Deriva LCPNR-HR	U ref LCPNR-HR	H-19-05	H-19-06	H-19-07	H-19-11	H-19-15	H-19-30	H-19-40 (Nota 1)	H-19-45	H-19-57	H-19-73
33,0	0,50	0,25	0,71	2,12	5,01	3,30	1,07	1,83	2,44	*	2,10	2,90	1,97
59,0	0,75	0,25	0,90	3,08	5,24	3,30	2,07	1,88	2,55	*	2,00	3,10	2,20
75,0	0,95	0,25	1,07	3,30	5,27	3,30	1,85	1,90	2,67	*	2,10	3,20	2,29
85,0	1,07	0,25	1,18	3,70	5,26	3,30	2,37	1,93	2,68	*	2,00	3,20	2,58

Tabla10. Incertidumbre de todos los participantes. (Nota 1: El laboratorio no envió los datos para la comparación.)

Valor Nominal (%HR)	CALCULO DE ERROR NORMALIZADO POR LABORATORIO									
	H-19-05	H-19-06	H-19-07	H-19-11	H-19-15	H-19-30	H-19-40 (Nota 1)	H-19-45	H-19-57	H-19-73
33,0	0,24	0,41	0,10	0,64	0,10	0,12	*	0,17	0,26	0,85
59,0	0,16	0,33	0,06	0,27	0,18	0,00	*	0,81	0,15	1,00
75,0	0,09	0,30	0,01	0,06	0,41	0,36	*	1,15	0,07	0,66
85,0	0,04	0,27	0,00	0,31	0,43	0,36	*	1,27	0,05	0,20

Tabla 11. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes (en los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

En los gráficos tabulados a continuación se presenta el error normalizado obtenido por cada laboratorio participante en los puntos de medición informados.

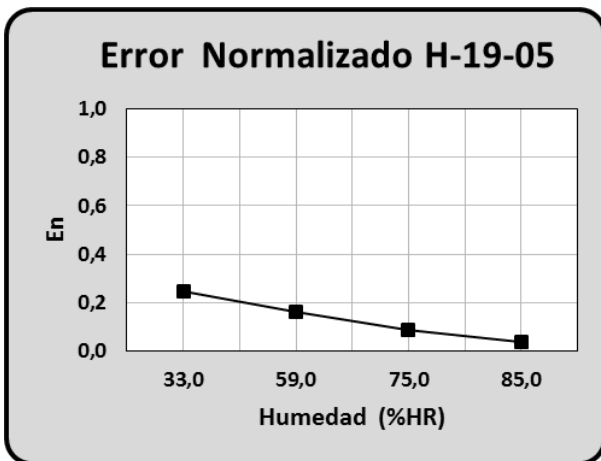


Gráfico (a)

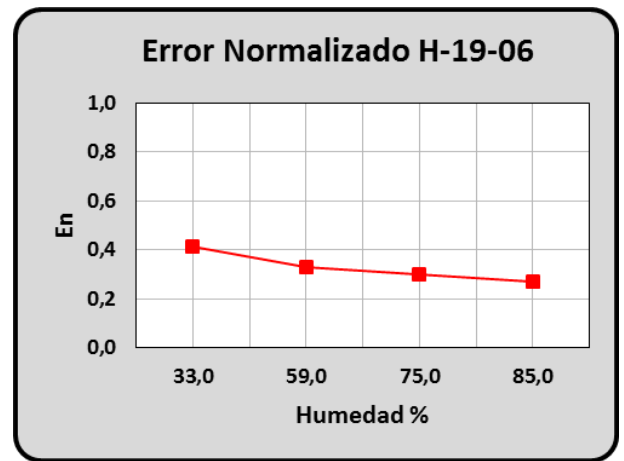


Gráfico (b)

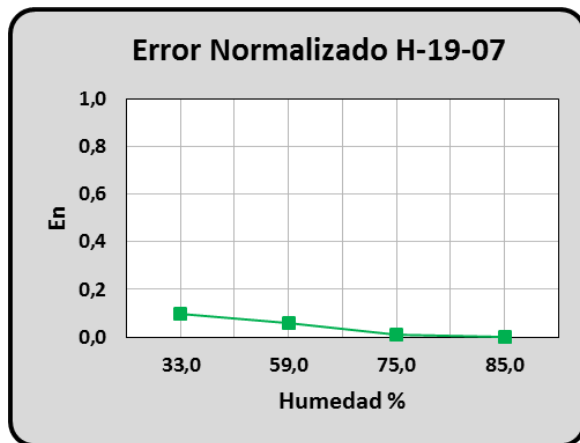


Gráfico (c)

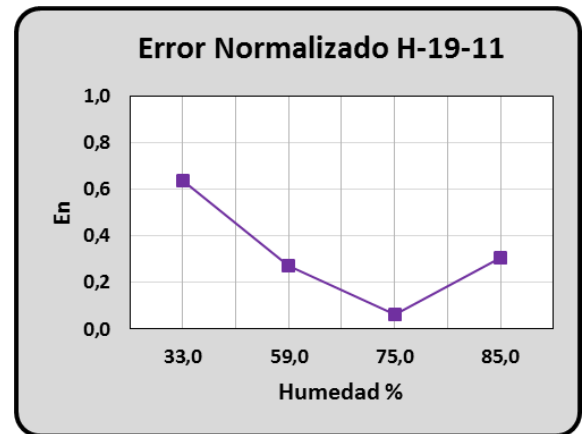


Gráfico (d)

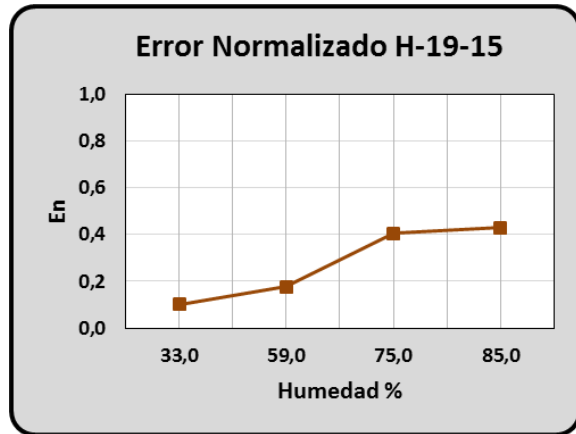


Gráfico (e)

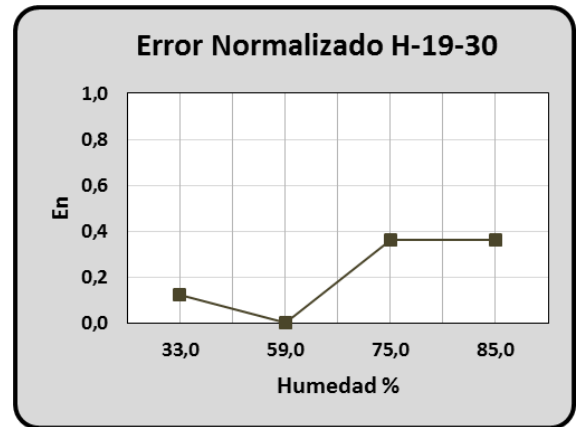
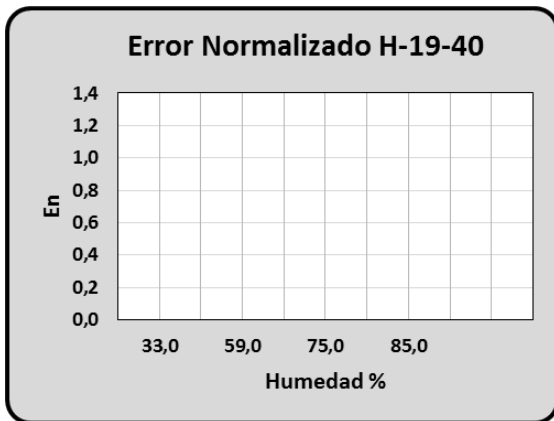


Gráfico (f)



Nota: El laboratorio no envió los datos para la comparación

Gráfico (g)

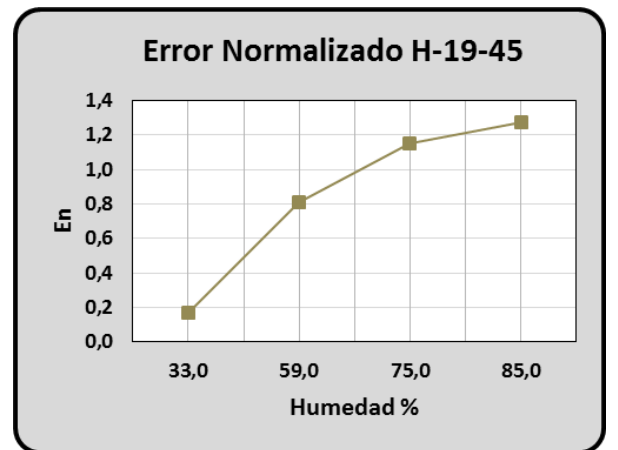


Gráfico (h)

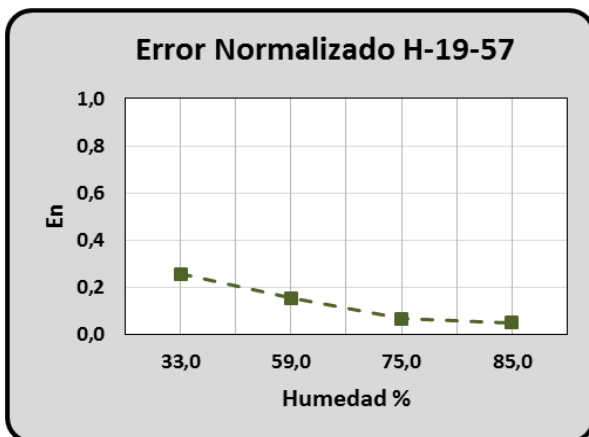


Gráfico (g)

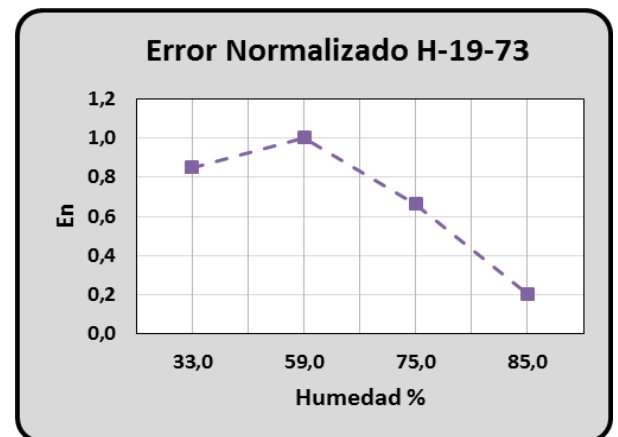


Gráfico (h)

Gráfico 12. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

En los siguientes gráficos 14, 15, 16 y 17 se puede ver el error normalizado (E_n) por cada punto de calibración.

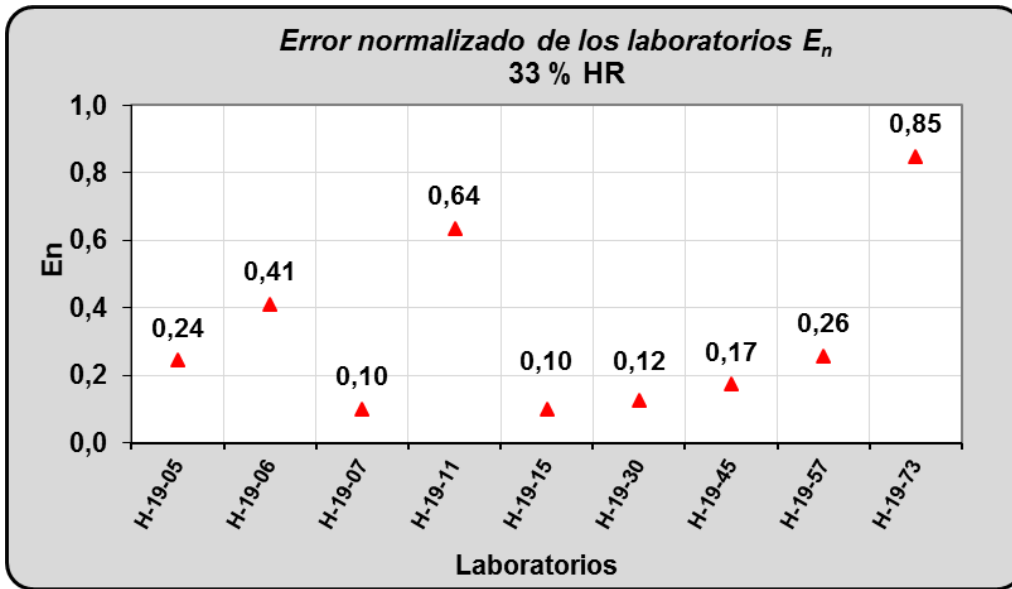


Gráfico 13. Errores normalizados en el punto de calibración 33 % HR.

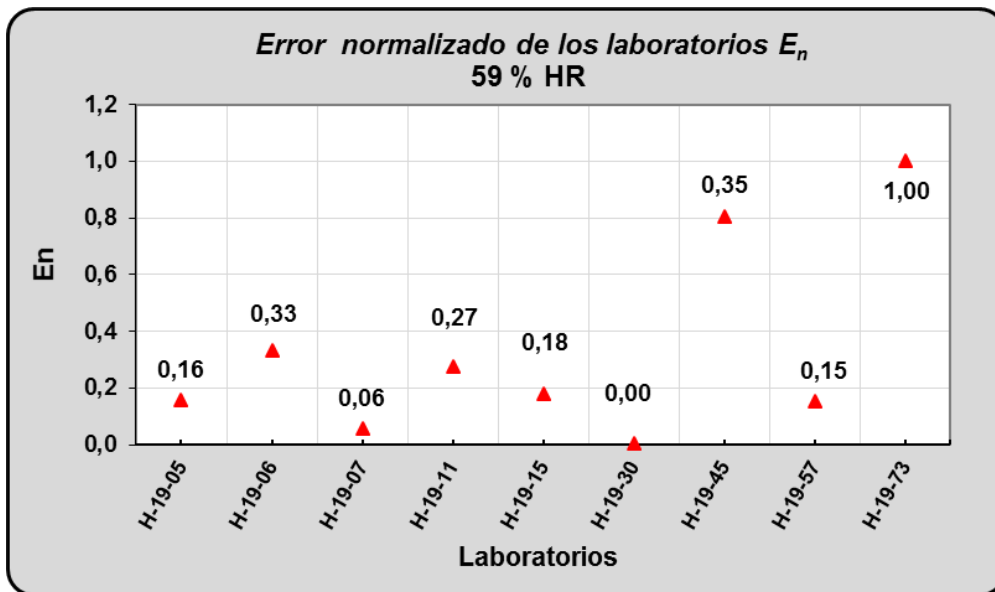


Gráfico 14. Errores normalizados en el punto de calibración 59 % HR.

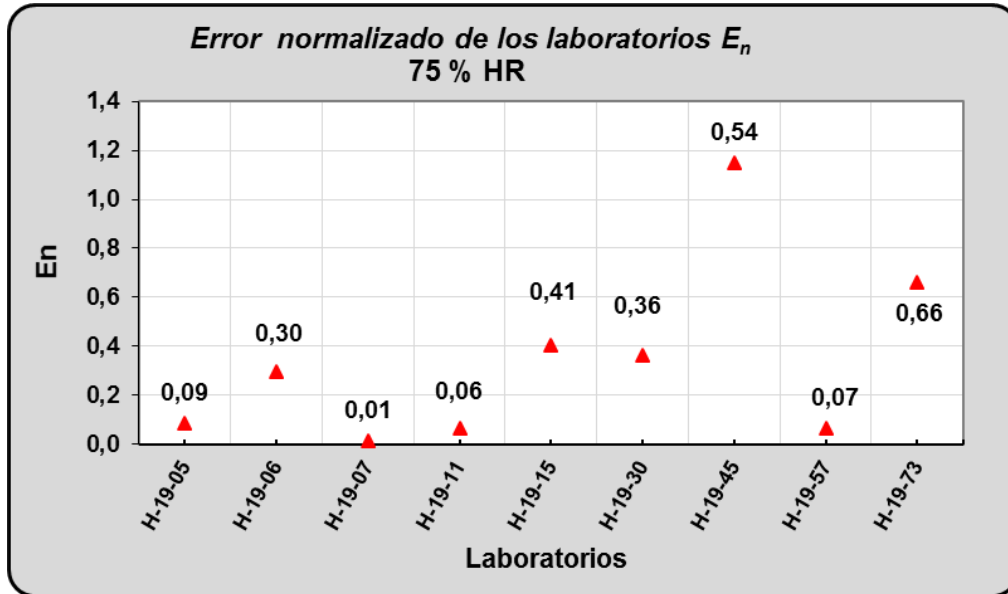


Gráfico 15. Errores normalizados en el punto de calibración 75 % HR.

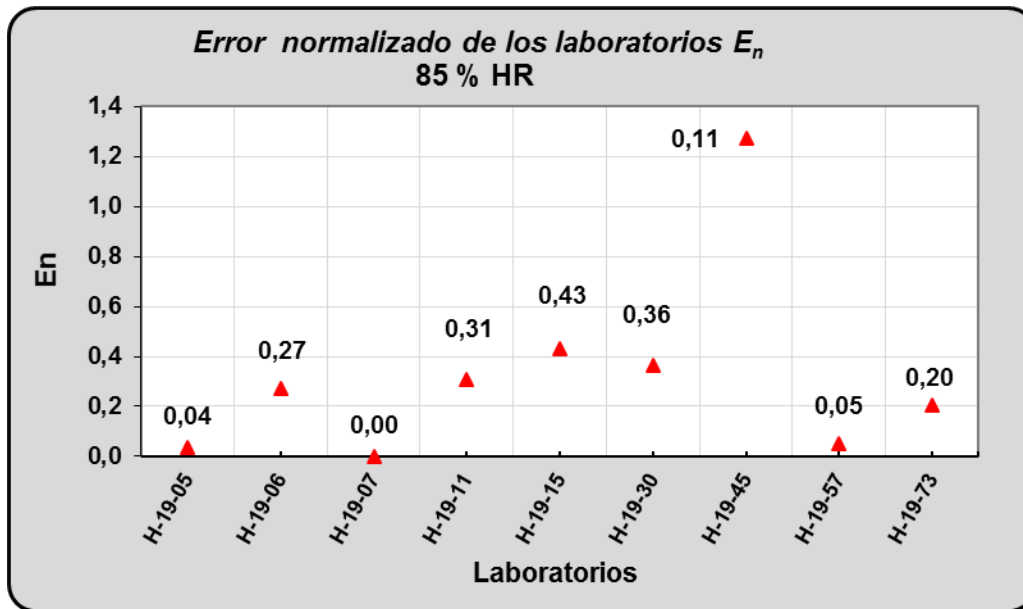


Gráfico 16. Errores normalizados en el punto de calibración 85 % HR.

ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La tabla 12 resume la evaluación de cada laboratorio participante en la comparación nacional H-19.

Para la evaluación se estudian los cálculos de error de medición y presupuesto de incertidumbre informados por los participantes. En la ecuación (6) se tienen las componentes del presupuesto de incertidumbre para humedad relativa.

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2 [HR_p + C_R] + u^2 [\%HR_p]_{der} + u^2 [\%HR_{IBC}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hist}] + u^2 [\delta(\%HR)_{stb}] + u^2 [\delta(\%HR)_{hmg}]} \quad (6)$$

#	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-19-05	ok	ok	ok	*	ok	*	*	*	(2,12 a 3,70)	Sin dato
2	H-19-06	*	*	ok	*	ok	*	*	*	(5,01 a 5,26)	Sin dato
3	H-19-07	ok	ok	ok	*	ok	*	*	*	(3,3)	Sin dato
4	H-19-11	*	*	*	*	ok	ok	*	*	(1,07 a 2,37)	4,0%
5	H-19-15	ok	ok	ok	*	ok	ok	*	*	(1,83 a 1,93)	Sin dato
6	H-19-30	ok	ok	*	*	ok	*	*	*	(2,43 a 2,67)	Sin dato
7	H-19-40	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8	H-19-45	ok	ok	*	ok	ok	*	*	*	(2,00 a 2,10)	3,6 %
9	H-19-57	*	*	ok	ok	ok	*	*	*	(2,9 a 3,2)	Sin dato
10	H-19-73	*	ok	ok	*	ok	ok	*	*	(1,97 a 2,58)	Sin Dato

Tabla 12. Observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

Participante H-19-05

- Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.
- El participante presenta error en cálculo de incertidumbre por repetibilidad:

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	$u^2 [(\%HR)_{rep}]$ Informado $(S_x)^2$	$u^2 [(\%HR)_{rep}]$ Correcto $((S_x)/\sqrt{10})^2$
33	0,236196	0,02360
59	0,677329	0,06766
75	0,268324	0,02687
85	0,390625	0,03905

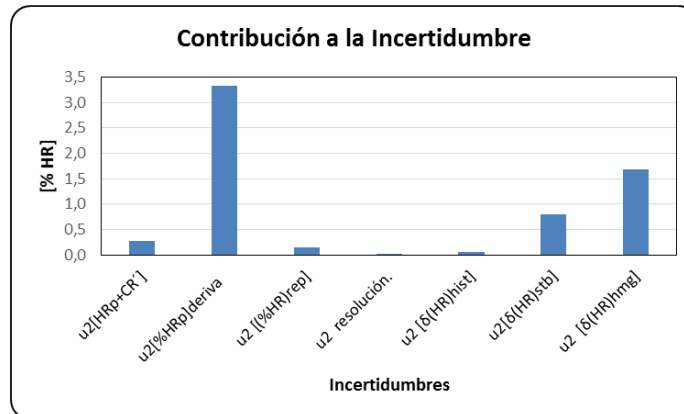
No hay respaldo de cómo se obtuvo la contribución por histéresis, estabilidad y homogeneidad, por lo que no es posible evaluar su forma de cálculo.

Participante H-19-06

- El participante presenta error en el cálculo de desviación en el punto de calibración 59%HR.

Informado: -0,96
Debe ser: -0,97

- El participante presenta una contribución en la componente de deriva que es importante en su cálculo de incertidumbre final. Se recomienda revisar esta evaluación. Una manera de ver su influencia en el cálculo final de incertidumbre se presenta el siguiente gráfico:



- El participante presenta error en cálculo de incertidumbre por su patrón:

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	$u^2_{[HR_p+CR]}$ Informado	$u^2_{[HR_p+CR]}$ Correcto
33	0,270400	0,170
59	0,739600	0,265
75	0,739600	0,520

No se evidencia una corrección al valor de referencia con respecto a los valores informados en el protocolo.

Ejemplo: Punto de calibración 33 % HR

LECTURA DEL PATRON		Valor de referencia Humedad relativa <i>Relative humidity reference value</i> in %	Humedad relativa equipo bajo calibración <i>Relative humidity calibration object</i> in %	Desviación de la indicación <i>Indication deviation</i> in %
t (°C)	% HR			
23,08	32,45	32,72	31,68	-1,04
23,07	32,93			
23,05	33,24			
23,05	32,98			
23,07	32,70			
23,06	32,44			
23,06	32,23			
23,10	32,31			
23,08	32,73			
23,08	33,20			
Promedio	32,72			

- El participante presenta error en cálculo de incertidumbre por repetibilidad, además los datos de recolección para cálculo de incertidumbre por repetibilidad están mal tomados en planilla de respaldo.

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	$u^2_{[(%HR)_{rep}]}$ Informado $(S_x)^2$	$u^2_{[(%HR)_{rep}]}$ Correcto $((S_x)/\sqrt{10})^2$
33	0,147188	0,0147187
59	0,161036	0,0196528
75	0,168707	0,0489151
85	0,141795	0,0275269

- El participante presenta error en cálculo de incertidumbre por histéresis:

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	<i>$u^2 [\delta(HR)_{hist}]$ Informado (0,603/12)</i>	<i>$u^2 [\delta(HR)_{hist}]$ Correcto (0,603/√12)</i>
33	0,050250	0,174071
59	0,050250	0,174071
75	0,050250	0,174071
85	0,050250	0,174071

- El valor de incertidumbre informado para homogeneidad y estabilidad es evaluado de la siguiente manera:

$$u_{est} = \frac{\text{Valor}_{encontrado}}{(2\sqrt{3})}$$

$$u_{hmg} = \frac{\text{Valor}_{encontrado}}{(2\sqrt{3})}$$

- 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 realizar una evaluación tanto de la estabilidad como de homogeneidad de la cámara climática de acuerdo con la guía DKD-R 5-7.

Participante H-19-07

- En protocolo de valores el participante no cumplió con el punto 9 del protocolo para la comparación en que se dice:

1. Generalidades del procedimiento de Calibración

Realización de las mediciones. Se debe asegurar que el sistema de medición del laboratorio y su higrómetro patrón, estén en régimen estable, antes de iniciar las mediciones con el IBC, una vez dada esta condición, se recomienda realizar por lo menos 10 mediciones en cada punto de calibración en intervalos de 1 minuto.

El participante recolecto solo 5 valores en 10 minutos.

Hora Time	LECTURA DEL PATRON Standard reading		(IBC) / (DUT) _____	
	t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
11:00	23	34,38	23	35,12
11:02	23	34,31	23	35,06
11:06	23	34,22	23	34,97
11:08	23	34,14	23	34,88
11:10	23	34,04	23	34,78
		34,218		34,962
		0,135		0,136

Además, en la toma de lecturas tanto en su patrón como IBC se observa el valor de 23°C.

- El participante presenta error en cálculo de incertidumbre por repetibilidad, evaluó la repetibilidad con 5 mediciones.
- No hay respaldo de cómo se obtuvo la contribución por histéresis en la toma de datos.
- El valor de incertidumbre informado para estabilidad y 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. Además, en archivo excel de respaldo de los resultados se aprecia entrega de resultados con su evaluación y en las siguientes celdas solo números. Se recomienda revisar planilla de respaldo.

U^2 $[\delta(HR)_{rms}]$
=3,3/(2*RAIZ(3))
0,952627944162883
0,952627944162883
0,952627944162883

El valor de incertidumbre informado para homogeneidad y estabilidad es evaluado de la siguiente manera:

$$u_{est} = \frac{Valor_encontrado}{(2\sqrt{3})}$$

$$u_{hmg} = \frac{Valor_encontrado}{(2\sqrt{3})}$$

- Se recomienda revisar la guía DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas).

Participante H-19-11

- El participante presenta error en el cálculo de desviación en el punto de calibración 59%HR y 85%HR.

Punto 59%HR

Informado: 0,18

Debe ser: 0,19

Punto 85 %

Informado: -0,51

Debe ser: -0,50

- No se evidencia una corrección al valor de referencia con respecto a los valores informados en el protocolo.

LECTURA DEL PATRON	
Standard reading	
t (°C)	% HR
23,01	33,68
23,01	33,61
23,01	33,57
23,02	33,58
23,02	33,56
23,02	33,57
23,00	33,58
23,01	33,56
23,00	33,65
23,00	33,68
Promedio	33,60

Valor de referencia	Humedad relativa	Desviación de
Humedad relativa	equipo bajo calibración	la indicación
<i>Relative humidity</i>	<i>Relative humidity</i>	<i>Indication</i>
<i>reference value</i>	<i>calibration object</i>	<i>deviation</i>
in %	in %	in %
33,60	33,82	0,22

- En la toma de lecturas el laboratorio participante no realiza lecturas de temperatura en el patrón viajero durante la calibración de humedad.

LECTURA DEL PATRON		(IBC) / (DUT) _____	
Standard reading			
t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
23,01	33,68	-----	33,73
23,01	33,61	-----	33,71
23,01	33,57	-----	33,70
23,02	33,58	-----	33,68
23,02	33,56	-----	33,87
23,02	33,57	-----	33,92
23,00	33,58	-----	33,88
23,01	33,56	-----	33,81
23,00	33,65	-----	33,95
23,00	33,68	-----	33,97

- El participante presenta sólo el valor de incertidumbre por deriva; además según lo informado presenta error de cálculo:

Informado:

Deriva patrón HR	0,18 a 0,42 % R.H
------------------	-------------------

Planilla de respaldo:

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	$u^2 [\%HR_p]_{\text{deriva}}$ Informado	$u^2 [\%HR_p]_{\text{deriva}}$ $u = \text{Deriva} / \sqrt{3}$
33	0,184	0,103
59	0,279	0,103
75	0,358	0,242
85	0,416	0,242

Nota 2: esta evaluación es una sugerencia de acuerdo a los valores informados.

- El participante presenta error en cálculo de incertidumbre por repetibilidad en el punto de calibración de 85%HR.

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	$u^2 [(\%HR)_{\text{rep}}]$ Informado $(S_x)^2$	$u^2 [(\%HR)_{\text{rep}}]$ Correcto $((S_x) / \sqrt{10})^2$
85	0,13	0,042

- Solo se presentan valores de contribuciones de estabilidad y homogeneidad, por lo que no es posible evaluar su forma de cálculo.

Participante H-19-15

- En protocolo de valores el participante reportó los valores de su patrón corregidos; los datos de las lecturas tomadas al momento de realizar la calibración se encuentran en otra hoja de archivo Excel; además no se indica en toma de valores la temperatura registrada por el patrón viajero ni las condiciones ambientales al momento de tomar los datos.
- En protocolo de valores el participante no cumplió con el punto 9 del protocolo para la comparación en que se indica:

Generalidades del procedimiento de Calibración

La temperatura de referencia para las mediciones será 23 °C.

Set Point		33%			
T° Inicial/ begin		%HR Inicial/ begin			
T° Final / end		%HR Final / end			
Fecha	Hora Time	LECTURA DEL PATRON Standard reading		(IBC) / (DUT)	
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
		20,32	33,05		33,89
		20,33	33,05		33,89
		20,33	33,05		33,89
		20,32	33,04		33,89
		20,32	33,05		33,89
		20,33	33,05		33,89
		20,33	33,05		33,89
		20,33	33,05		33,89
		20,34	33,05		33,88
		20,34	33,05		33,88

Temperatura del Vapor de agua en la cámara <i>Temperature of the humidity air stream</i> in °C	Valor de referencia Humedad relativa <i>Relative humidity reference value</i> in %	Humedad relativa equipo bajo calibración <i>Relative humidity calibration object</i> in %	Desviación de la indicación <i>Indication deviation</i> in %
20,3	33,05	33,89	0,84
20,8	59,01	60,18	1,17
20,1	75,33	76,56	1,24
21,5	84,95	86,22	1,27

- En planilla de respaldo se reporta lo siguiente:

$$U_{deriva} = 2 \left(\frac{\text{Maxima Incertidumbre del patrón}}{\sqrt{3}} \right)$$

Se recomienda realizar estudio de deriva del patrón de calibración, pues este valor podría estar sobredimensionado.

- El participante presenta error en el cálculo de repetibilidad:

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	<i>u² [(%HR)_{rep}] Informada</i>	<i>u² [(%HR)_{rep}] Correcta</i>
33	0,000005	0,000002
59	0,000781	0,000300
75	0,000295	0,000100
85	0,008008	0,002800

Participante H-19-30

- Reporta solamente valores de las contribuciones, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.
- El participante presenta un error en el cálculo de incertidumbre por deriva de acuerdo a lo siguiente:

Informado:

Deriva patrón HR	0,24749 %
------------------	-----------

Planilla de respaldo:

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	<i>u² [%HR]_p deriva Informado</i>	<i>u² [%HR]_p deriva u= Deriva/√3</i>
33	0,07144	0,14288
59	0,07144	0,14288
75	0,07144	0,14288
85	0,07144	0,14288

- El participante presenta error en el cálculo en contribución por repetibilidad:

<i>Punto de calibración (% HR)</i>	<i>u^2 [(%HR)_{rep}] Informada</i>	<i>u^2 [(%HR)_{rep}] Correcta</i>
33	0,00699	0,00221
59	0,00919	0,00291
75	0,00966	0,00306
85	0,02044	0,00646

- No hay respaldo de cómo se obtuvo la contribución por histéresis.
- El valor de incertidumbre informado para estabilidad y 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 guía DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas).

Participante H-19-40

- El laboratorio con código H-19-40 no envió sus resultados.

Participante H-19-45

- El participante presenta una evaluación diferente a la contribución por deriva (considera la incertidumbre de su patrón de calibración dividida en 2). Se sugiere realizar la calibración de su patrón para obtener su historial y evaluar esta contribución según protocolo de comparación.
- No hay respaldo de cómo se obtuvo el valor de histéresis (Valor informado: 0,15%)
- El valor de incertidumbre informado para homogeneidad y estabilidad es evaluado de la siguiente manera:

$$u_{est} = \frac{Valor_encontrado}{(2\sqrt{3})}$$

$$u_{hmg} = \frac{Valor_encontrado}{(2\sqrt{3})}$$

Se recomienda realizar una evaluación tanto de la estabilidad como de homogeneidad de la cámara climática de acuerdo con la guía DKD-R 5-7.

Participante H-19-57 ****

- El participante presenta error en el cálculo de desviación en el punto de calibración 59%HR y 85%HR.
 Punto 33%HR
 Informado: 0,27
 Debe ser: 0,28

 Punto 85%HR
 Informado: 0,13
 Debe ser: 0,14
- No se evidencia una corrección al valor de referencia con respecto a los valores informados en el protocolo, además no se toman los valores correspondientes a las condiciones ambientales durante la calibración.

Set Point		33%				Valor de referencia	Humedad relativa	Desviación de			
T° Inicial/begin		%HR Inicial/ begin				Humedad relativa	equipo bajo calibración	la indicación			
T° Final / end		% HR Final / end				Relative humidity	Relative humidity	Indication			
				(IBC) / (DUT) _____		reference value	calibration object	deviation			
Fecha	Hora Time	LECTURA DEL PATRON Standard reading		t (°C)	% HR	in %	in %	in %			
		t (°C)	% HR								
	8:30	23,36	32,43	23,36	32,64	32,85	33,13	0,27			
	8:31	23,37	32,41	23,36	32,65						
	8:32	23,36	32,47	23,36	32,70						
	8:33	23,4	32,51	23,37	32,79						
	8:34	23,37	32,63	23,37	32,92						
	8:35	23,37	32,82	23,37	33,08						
	8:36	23,38	32,99	23,38	33,27						
	8:37	23,4	33,21	23,38	33,49						
	8:38	23,4	33,42	23,38	33,74						
	8:39	23,38	33,65	23,38	33,98						
	Promedio		32,85								

- No hay respaldo de cómo se obtuvo la contribución histéresis en la toma de datos.
- El valor de incertidumbre informado para estabilidad y 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. Además, solo se presenta en planilla de respaldo valores sin su evaluación. 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-19-73 ****

- El participante presenta error en el cálculo de desviación en el punto de calibración 59%HR y 85%HR.
 Punto 59%HR
 Informado: -1,59
 Debe ser: -1,58
- No se evidencia una corrección al valor de referencia con respecto a los valores informados en el protocolo.

Set Point		33%			
T° Inicial/ begin		21,2	%HR Inicial/ begin	46,0	
T° Final / end		20,8	% HR Final / end	47,7	
Fecha	Hora Time	LECTURA DEL PATRON Standard reading		(IBC) / (DUT Vaisala)	
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
		23,16	33,13	23,01	32,41
		23,16	33,12	23,01	32,40
		23,17	33,11	23,01	32,39
		23,15	33,13	22,99	32,37
		27,65	33,12	22,99	32,37
		23,15	33,13	22,99	32,37
		23,15	33,13	22,99	32,37
		23,15	33,12	22,99	32,37
		23,15	33,12	23,00	32,37
		23,15	33,12	23,00	32,37
Promedio			33,12		

Valor de referencia Humedad relativa Relative humidity reference value in %	Humedad relativa equipo bajo calibración Relative humidity calibration object in %	Desviación de la indicación Indication deviation in %
33,12	32,38	-0,74

- El participante presenta error en cálculo de incertidumbre por repetibilidad:

Punto de calibración (% HR)	u^2 [(%HR) _{rep}] Informado (S _x) ²	u^2 [(%HR) _{rep}] Correcto ((S _x)/√10) ²
33	0,015	0,005
59	0,008	0,003
75	0,003	0,001
85	0,018	0,006

- 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 informado para homogeneidad y estabilidad es evaluado de la siguiente manera:

$$u_{est} = \frac{\text{Valor}_{encontrado}}{(2\sqrt{3})}$$

$$u_{hmg} = \frac{\text{Valor}_{encontrado}}{(2\sqrt{3})}$$

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

CONCLUSIONES RONDA H-19

Error Normalizado.

- El siguiente participante obtuvo un error normalizado mayor a 1:

H-19-45

Punto de calibración: 75 % HR. ($E_n = 1,15$)

Punto de calibración: 85 % HR. ($E_n = 1,27$)

- El siguiente participante no envió sus resultados:

H-19-40

- Los siguientes participantes obtuvieron un error normalizado menor a 1:

H-19-05

H-19-06

H-19-07

H-19-11

H-19-15

H-19-30

H-19-45 (33% HR y 59 % HR)

H-19-57

H-19-73 (33% HR 75 % HR y 85 % HR)

Recomendaciones.

De acuerdo a la tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio se sugiere lo siguiente:

- Desviación de la Indicación.

Preocuparse de que el valor calculado de desviación concuerde matemáticamente con los valores finales tanto del patrón como IBC. **(Laboratorios 06, 11,57 y 73)**

- Valores obtenidos del patrón.

Preocuparse de que en el protocolo de medición se tomen los datos de mediciones del patrón durante la calibración y después realizar las correcciones de acuerdo a su certificado de calibración respectivo. **(Laboratorios 06, 11,57)**

- Deriva.

Preocuparse de que en el protocolo de medición se evalúe de manera correcta esta contribución. **(Laboratorios 11, 30,45)**

- Repetibilidad.

Preocuparse de que en el protocolo de medición se evalúe de manera correcta esta contribución. **(Laboratorios 05, 06, 07, 11, 15, 30,73)**

- Histéresis.

Preocuparse de realizar y evaluar correctamente esta contribución. **(Laboratorios 05, 06, 07, 11, 30,73)**

- Estabilidad y homogeneidad de la cámara.

Preocuparse de realizar una caracterización a la cámara climática para respaldar de mejor forma los cálculos de incertidumbre por esta variable. De un buen trabajo en esta evaluación se mejoraría la evaluación de incertidumbre.

De los resultados obtenidos por los laboratorios participantes en este ejercicio de acuerdo al criterio de cálculo de Error normalizado “**Ronda H-19**” integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:

- EL 77,8 % de los laboratorios obtienen un resultado **SATISFACTORIO**.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 9 laboratorios Participantes que presentaron resultados en éste ensayo de aptitud H-19 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 9^oedition, 2019.
- (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).