



RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES NACIONALES
MAGNITUD TEMPERATURA AMBIENTAL
INFORME A

COMPARACIÓN NACIONAL

HTc-21
(Participantes con Cámara Climática)

CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL

Rango de medición: 10 °C a 45 °C.

Medio de Generación: Cámara climática.

agosto 2021 – diciembre 2021

ENSAYO DE APTITUD – TEMPERATURA AMBIENTAL

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Carolina Martinez
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 2021. 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 Temperatura ambiental y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo H-20. La comparación se llevó a cabo desde agosto de 2021 a diciembre de 2021. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un termohigrómetro digital, el alcance de medición es de -20 °C a 60 °C, clase de exactitud del $\pm 0,2$ °C y una resolución de 0,01 °C. 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 2021 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 esta 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 Temperatura ambiental entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Los participantes para este ensayo de aptitud 2021 son descritos en la tabla 1.

Laboratorio	Empresa	Contacto	Información
1	CIDE-USACH	Roberto Figueroa Muñoz	Roberto.figueroa@usach.cl
2	SERVINCAL CHILE SpA.	Humberto Escobar	Humberto.escobar@servincal.cl
3	SMI	Nicole Suarez	Nicole.suarez@smilab.cl
4	DTS	Sebastián Morgado	smorgado@dts.cl
5	CERLAB CHILE SpA.	Harold Moronta	hmoronta@cercal.cl
6	CESMEC	Paulo Bustos Astorga	Bustos.paulo@bureauveritas.com
7	VIGÑOLA	Raul Reyes Acevedo	rreyes@vignola.cl
8	VETO	Mauricio Soto V.	Jefe.calibraciones@veto.cl
9	IDIC	Silvana Ferj A.	Silvana.ferj@idic.cl
10	SOLMEE	Domingo De Negri	d.denegri@solmee.cl
11	LABORATORIO DAVIS	Hernan Ramirez	hramirez@davislab.cl
12	CALMANREP	Gino Ferrari	gferrari@calmanrep.cl
LCPNR-HR (ENAER)		Carolina Martinez Guajardo	carolina.martinez@enaer.cl
		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:

<i>Empresa</i>	<i>Fecha de realización de mediciones</i>
LCPNR-HR (ENAER)	16/08/2021 – 20/08/2021
DTS	23/08/2021 – 27/08/2021
SERVINCAL CHILE SPA.	30/08/2021 – 03/09/2021
SMI	06/09/2021 – 10/09/2021
CALMANREP EIRL	13/09/2021 – 16/09/2021
LCPNR-HR (ENAER)	21/09/2021 – 24/09/2021
CESMEC	27/09/2021 – 01/10/2021
VETO	04/10/2021 – 08/10/2021
LABORATORIO DAVIS	12/10/2021 – 15/10/2021
VIGÑOLA	18/10/2021 – 22/10/2021
LCPNR-HR (ENAER)	25/10/2021 – 28/10/2021
CIDE- USACH	29/10/2021 – 05/11/2021
IDIC	08/11/2021– 12/11/2021
CERLAB CHILE SpA.	15/11/2021– 19/11/2021
SOLMEE	22/11/2021– 26/11/2021
LCPNR-HR (ENAER)	29/11/2021 – 03/12/2021

Tabla 2. Fechas de realización de la comparación

Esquema del desarrollo de la Comparación

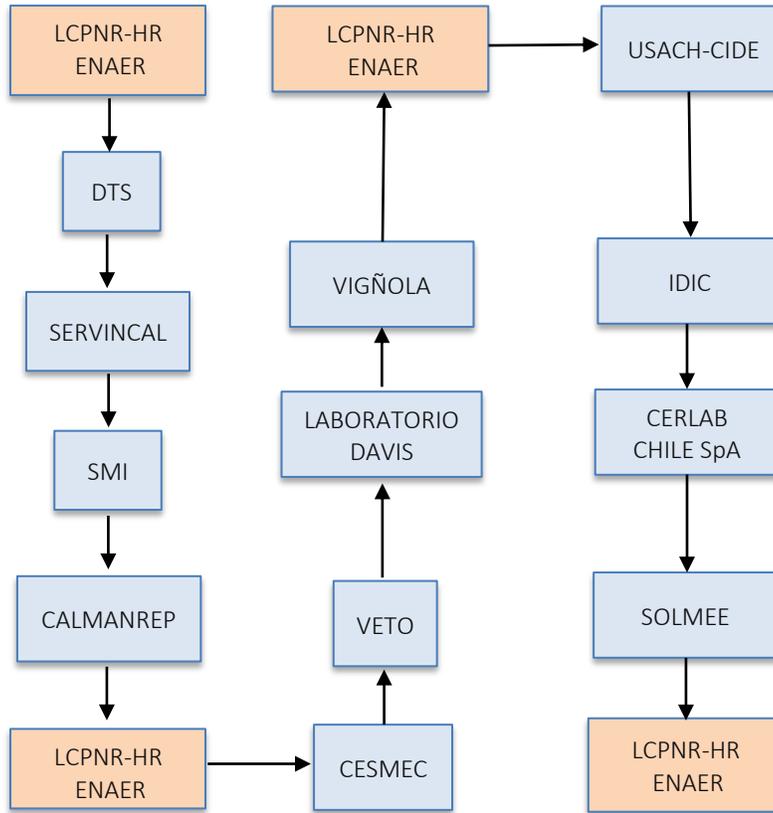


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

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 el 03 de diciembre de 2021.

El 28 de diciembre de 2021 el LCPNR-HR de ENAER emite un informe “A” 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 quien lo distribuye a cada participante.

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: P3120011 Sensor: H3720002	± 1,0 %HR	0 %HR a 90 %HR	0,01 %HR
			± 1,7 %HR	90 %HR a 100 %HR	
			± 0,2 °C	-20 °C a 80 °C	0,01 °C

Tabla 3. Patrón Viajero de comparación



Figura 2. Patrón viajero usado en la comparación H-21 para participantes con cámara climática.

Puntos de calibración

Para el ensayo de aptitud 2020 se acordó realizar con los laboratorios participantes los siguientes puntos de calibración:

Humedad relativa

Humedad Relativa de referencia en la cámara	Puntos de medición en Temperatura Ambiental (°C)			
50 %HR	10	20	30	45

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional 2021.

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 (°C)	Incertidumbre expandida, k=2 %HR
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	0 a 70	No menor que 0,3 °C

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 4 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 (Fotografía Ensayo Aptitud 2019).

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:

Humedad Cámara (°C)	Calibración inicial 19.08.2021				Calibración intermedia 23.09.2021				Calibración intermedia 28.10.2021				Calibración Final 03.12.2021			
	T_{Patron}	$T_{(vaisala)}$	E_1	U_1	T_{Patron}	$T_{(vaisala)}$	E_2	U_2	T_{Patron}	$T_{(vaisala)}$	E_3	U_3	RH_{Patron}	$T_{(vaisala)}$	E_4	U_4
50	10,10	10,08	-0,02	0,30	10,01	9,92	-0,09	0,30	9,99	9,95	-0,04	0,30	10,05	9,97	-0,08	0,30
	20,04	19,99	-0,05	0,30	19,98	19,94	-0,04	0,30	20,03	19,97	-0,06	0,30	20,02	19,98	-0,04	0,30
	29,99	29,97	-0,02	0,30	29,93	29,96	0,03	0,30	30,01	30,00	-0,01	0,30	29,98	30,00	0,02	0,30
	44,97	44,89	-0,08	0,30	45,01	45,05	0,04	0,30	45,01	45,03	0,02	0,30	44,97	45,00	0,03	0,30

(Nota: La Incertidumbre en esta tabla corresponde a la del Laboratorio Nacional de Humedad Relativa sin incluir la deriva del patrón viajero)

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

En el siguiente gráfico se presenta el error de medición encontrado por el Laboratorio Piloto para el patrón viajero a partir de las 04 mediciones realizadas a lo largo de la comparación.

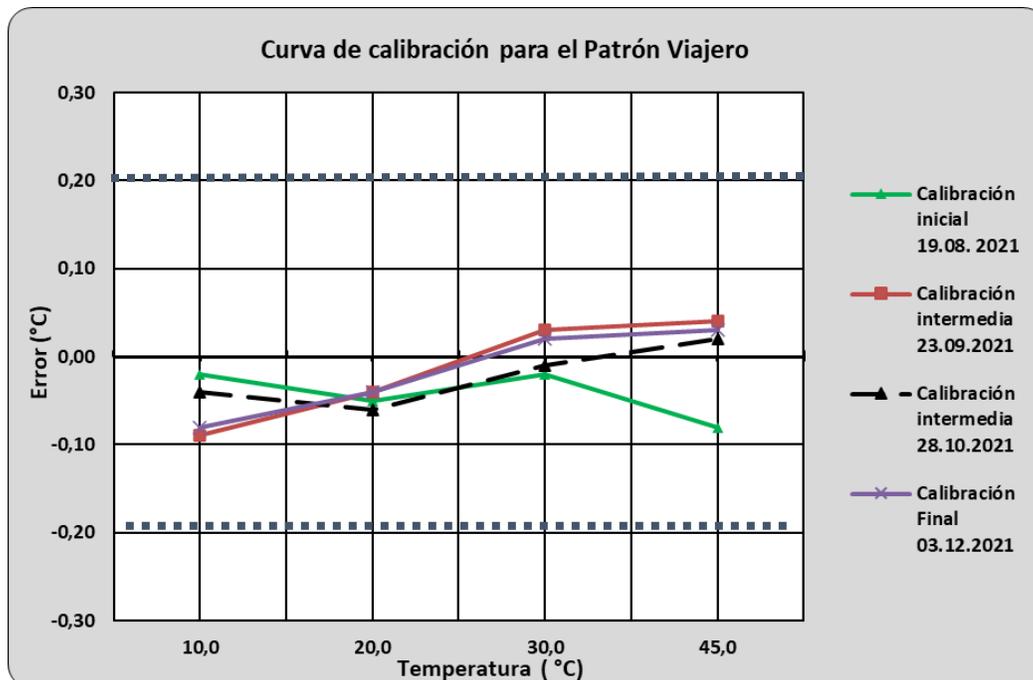


Gráfico 1. Error de medición encontrado para el patrón viajero en las calibraciones realizadas por el LCPNR-HR de ENAER.
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento)

Error promedio e incertidumbre expandida del Laboratorio Piloto

Con los datos de la tabla N°5 podemos realizar la siguiente gráfica:

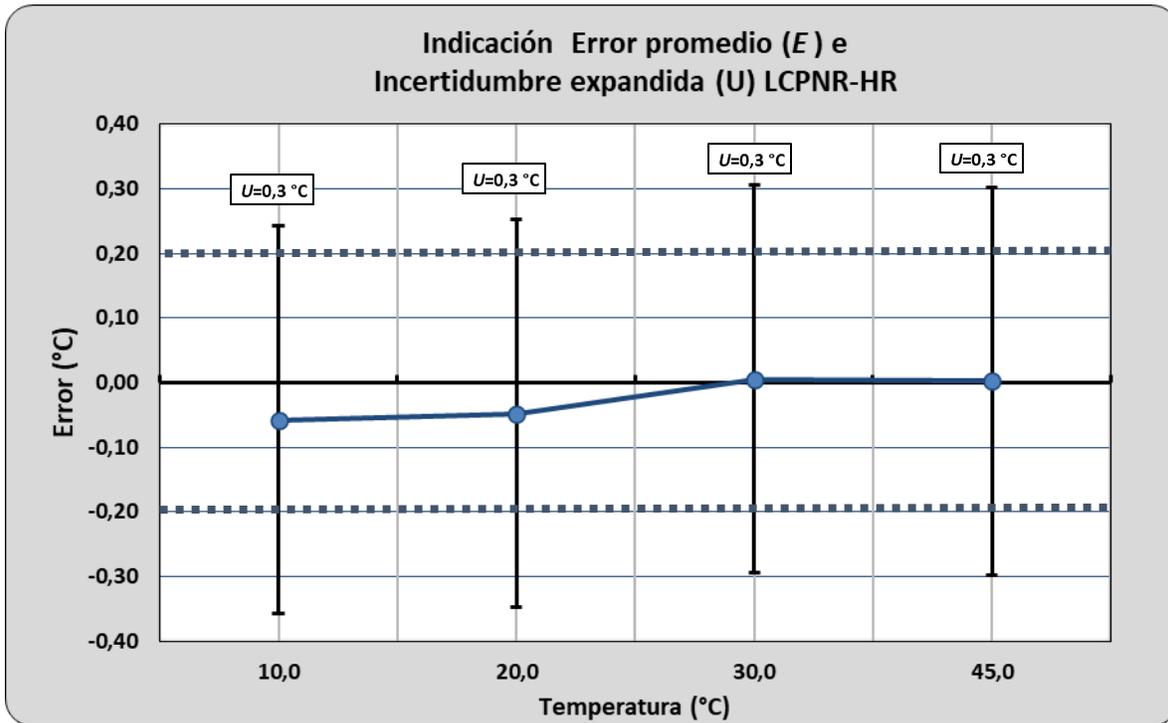


Gráfico 2. Error promedio, E, e incertidumbre expandida, U (k=2, 95%) obtenida por el LCPNR-HR ENAER.
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento)

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 siguientes calibraciones:

- calibración inicial (19.08.2021) e intermedia (23.09.2021) (d_{1-2})
- calibración intermedia (23.09.2021) y (28.10.2021) (d_{2-3})
- Calibración intermedia (28.10.2021) y final (03.12.2021) (d_{3-4})

Temperatura Nominal (°C)	Patrón Viajero (Vaisala)								
	<i>E</i> ₁	<i>E</i> ₂	<i>d</i> ₁₋₂	<i>E</i> ₂	<i>E</i> ₃	<i>d</i> ₂₋₃	<i>E</i> ₃	<i>E</i> ₄	<i>d</i> ₃₋₄
10	-0,02	-0,09	0,07	-0,09	-0,04	0,05	-0,04	-0,08	0,04
20	-0,05	-0,04	0,01	-0,04	-0,06	0,02	-0,06	-0,04	0,02
30	-0,02	0,03	0,05	0,03	-0,01	0,04	-0,01	0,02	0,03
45	-0,08	0,04	0,12	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01

minima deriva	0,01
maxima deriva	0,12

Nota: E1 = Error encontrado en la calibración inicial (19.08.2021)
 E2 = Error encontrado en la calibración intermedia (23.09.2021)
 E3 = Error encontrado en la calibración intermedia (28.10.2021)
 E4 = Error encontrado en la calibración final (03.12.2021)

Tabla 6. Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.

Se encuentra como deriva máxima de 0,12 °C. (valores absolutos).

Para efectos de esta comparación se considerará como componente adicional al presupuesto de incertidumbre de referencia del laboratorio piloto la deriva del patrón viajero, para ello se considerará la mayor deriva encontrada entre dos calibraciones sucesivas (0,12 °C) y será evaluada como una distribución rectangular tipo B, de esta forma la contribución por deriva del patrón será:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}} \tag{1}$$

$$u_{\text{deriva}} = (0,12/\sqrt{3}) = 0,07 \text{ °C.}$$

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.

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

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

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

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

Temperatura Nominal °C	U mediciones LCPNR-HR (%HR)				U máxima (LCPNR-HR) °C	Deriva Patron viajero °C	Incertidumbre por deriva patron Viajero	Incertidumbre de Referencia (%HR)
	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄				
10,0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,12	0,07	0,33
20,0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,12	0,07	0,33
30,0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,12	0,07	0,33
45,0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,12	0,07	0,33

Tabla 7. Cálculo de la incertidumbre de referencia del LCPNR-HR.

Se considera como contribución a la incertidumbre de referencia la deriva del patrón viajero encontrada durante el ejercicio de comparación. Esta contribución asciende a 0,12 °C, siendo la mayor contribución dentro del presupuesto de incertidumbre de la referencia, En el análisis de los datos se encontró una gran diferencia entre la calibración inicial y segunda medición del laboratorio piloto, posteriormente las mediciones se estabilizaron.

Debido a que se desconoce las fechas en que midió cada laboratorio participante, se incluyó la deriva total en la referencia, para el análisis de cada participante, con el fin de cubrir todas las posibles causas de errores de medición producto de la influencia de esta fuente.

En el siguiente gráfico 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.

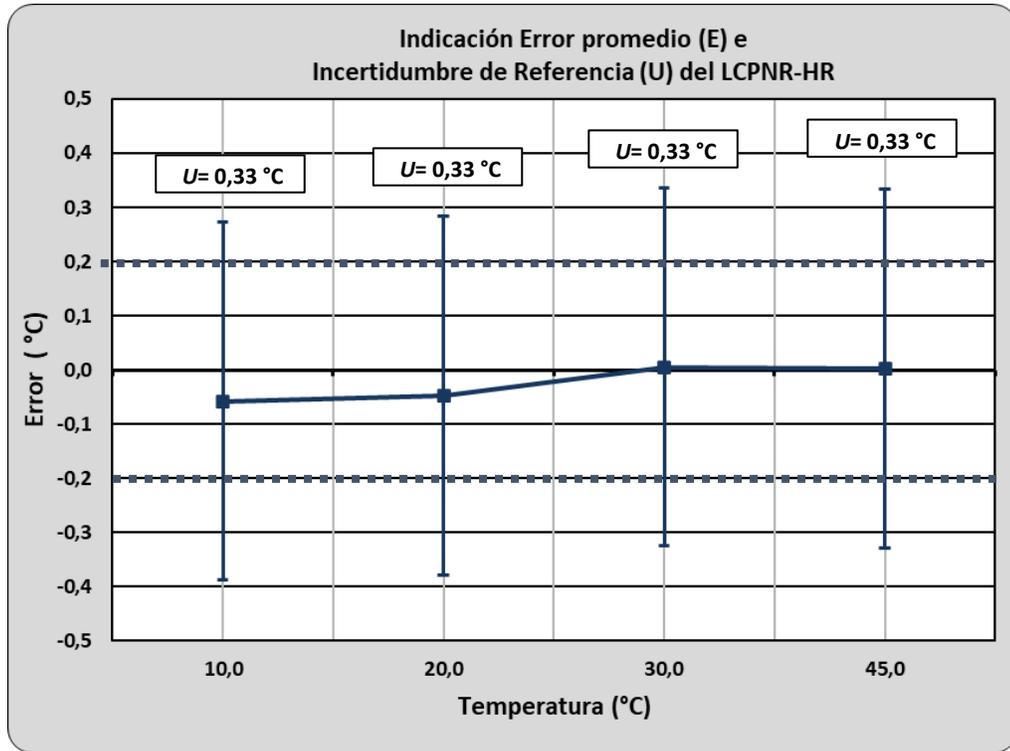


Gráfico 3. Error promedio, E , e incertidumbre expandida, U ($k=2$, 95%) obtenida por el LCPNR-HR de ENAER.
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento).

Datos de las mediciones

A continuación, se presentan los resultados de los laboratorios participantes:

Error Promedio de los participantes

Datos Error Promedio Laboratorios													
°C	LCPNR-HR	HTc-21-51	HTc-21-61	HTc-21-62	HTc-21-63	HTc-21-65	HTc-21-66	HTc-21-67	HTc-21-68	HTc-21-70	HTc-21-71	HTc-21-72	HTc-21-73
10	-0,06	-0,15	0,00	0,10	0,07	-0,10	-----	-----	-----	-0,02	0,19	-0,02	0,10
20	-0,05	0,00	-0,02	0,10	-0,04	-0,02	-0,03	0,14	0,00	0,02	0,11	-0,04	0,04
30	0,00	0,00	-0,03	0,09	-0,09	-0,02	-0,14	-0,08	-0,16	-0,06	0,11	-0,04	-0,05
45	0,00	0,18	0,03	0,08	-0,23	0,01	-----	-0,13	0,16	-0,01	-0,22	-0,05	-0,13

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

Gráfico Error de cada Participante con respecto al error obtenido por el Laboratorio Piloto

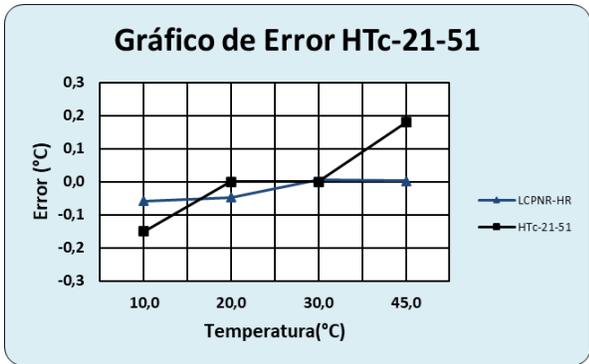


Gráfico (a)

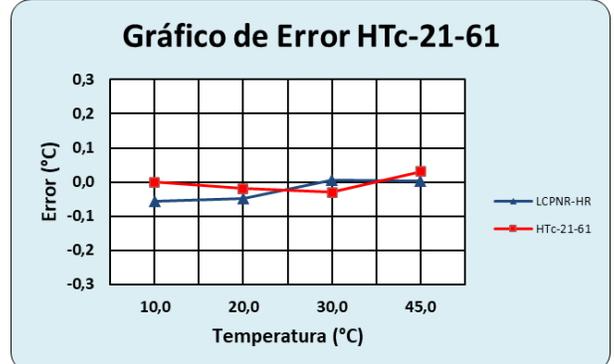


Gráfico (b)

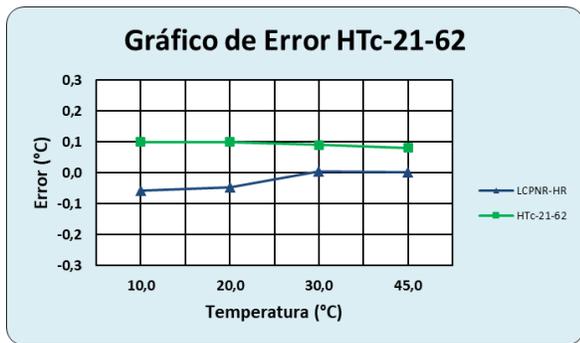


Gráfico (c)

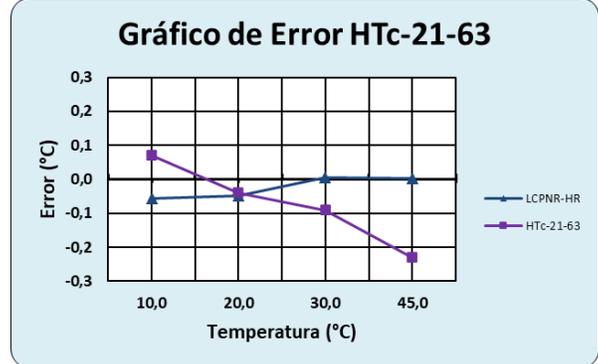


Gráfico (d)

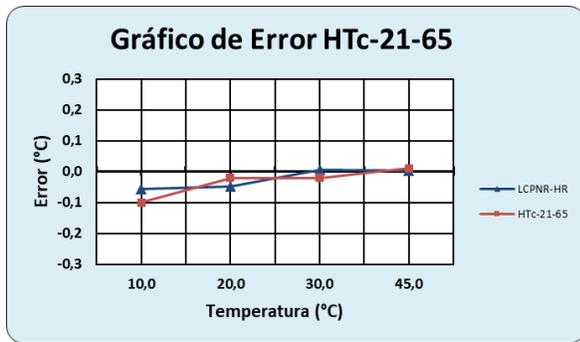


Gráfico (e)

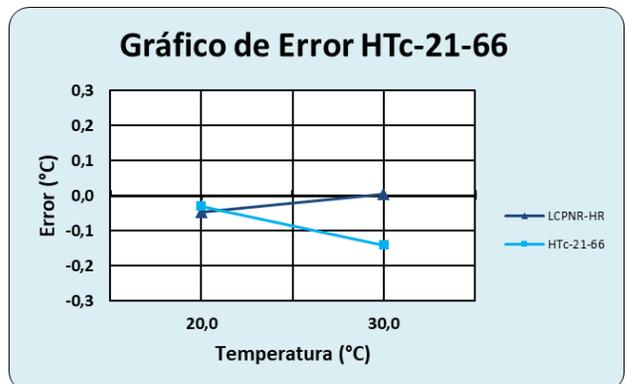


Gráfico (f)

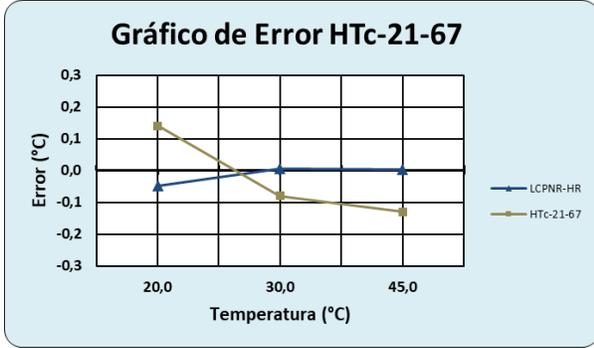


Gráfico (g)

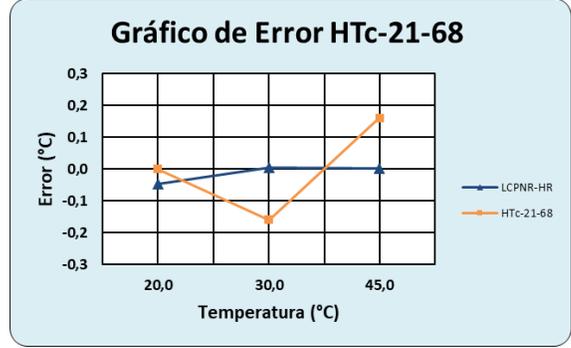


Gráfico (h)

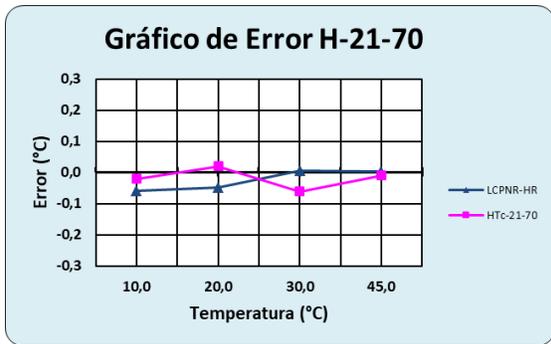


Gráfico (g)

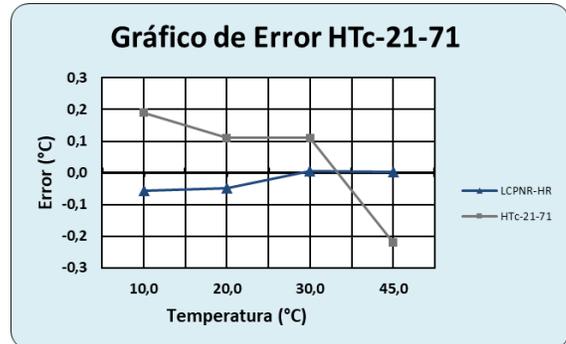


Gráfico (h)

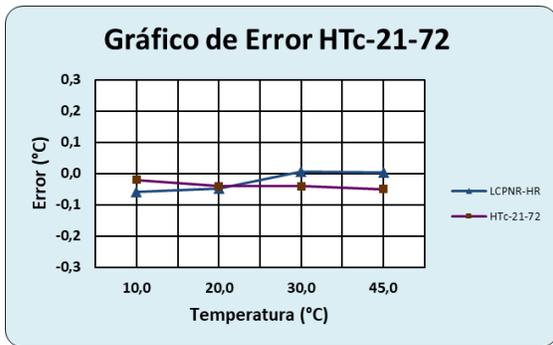


Gráfico (i)

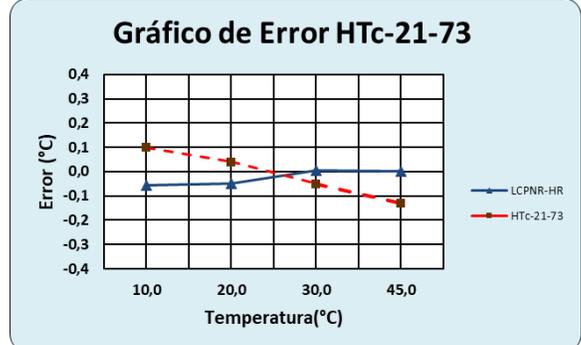


Gráfico (j)

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

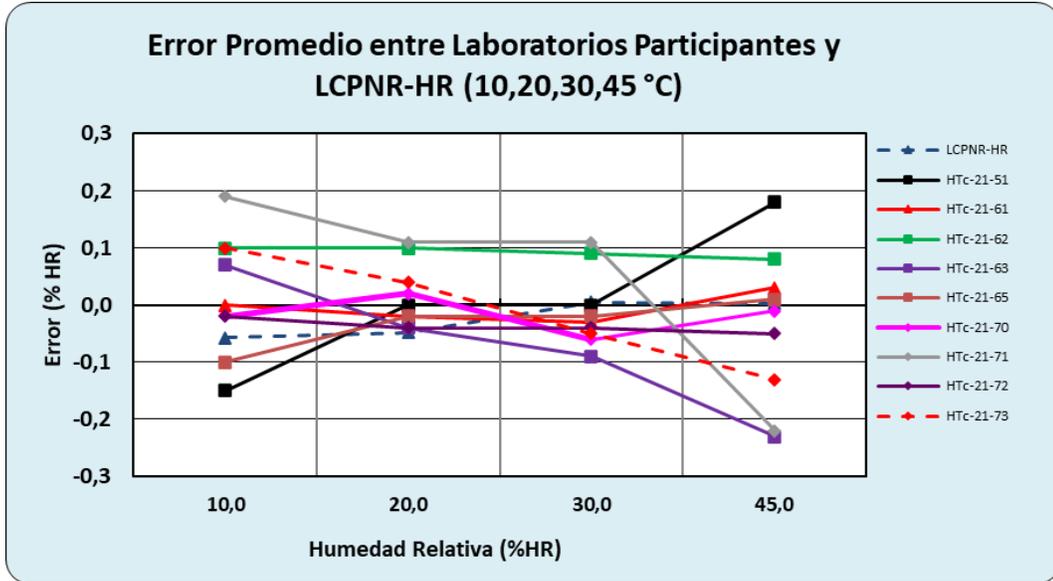


Gráfico 5A. Error promedio de laboratorios participantes.

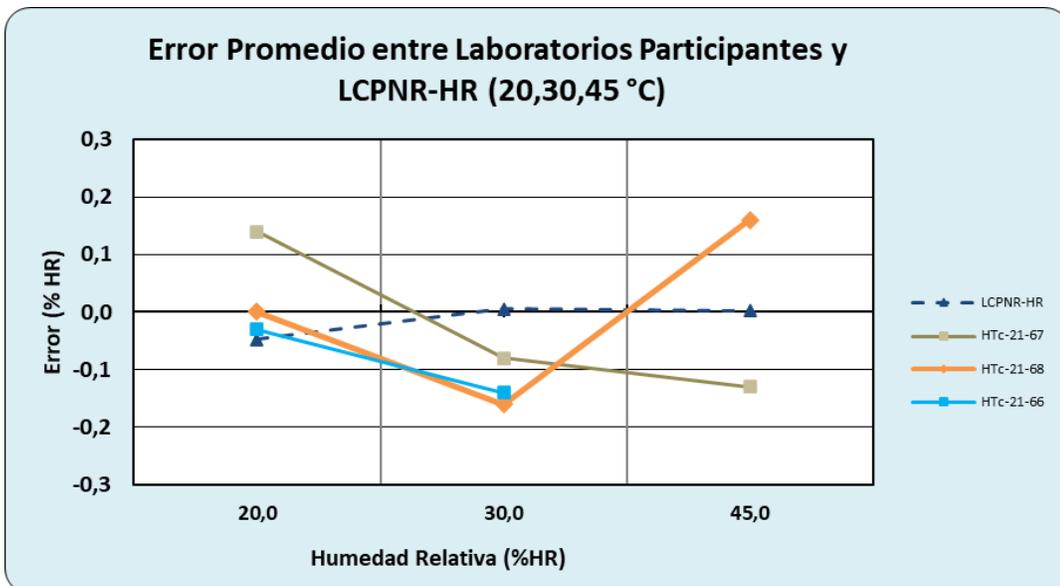


Gráfico 5B. Error promedio de laboratorios participantes.

Incertidumbre de los participantes

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios													
°C	LCPNR-HR (U_ref)	HTc-21-51	HTc-21-61	HTc-21-62	HTc-21-63	HTc-21-65	HTc-21-66	HTc-21-67	HTc-21-68	HTc-21-70	HTc-21-71	HTc-21-72	HTc-21-73
10,0	0,33	0,73	0,2	0,37	0,62	0,48	-----	-----	-----	0,27	0,37	0,12	0,42
20,0	0,33	0,59	0,1	0,37	0,52	0,54	1,34	0,41	2,00	0,24	0,34	0,12	0,42
30,0	0,33	1,0	0,2	0,38	0,52	0,62	1,34	0,58	2,00	0,35	0,35	0,12	0,44
45,0	0,33	1,4	0,1	0,39	1,08	0,70	-----	0,59	2,00	0,42	0,36	0,12	0,43

Tabla 8. Datos de la incertidumbre expandida, *U*, obtenidos por los participantes.

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.

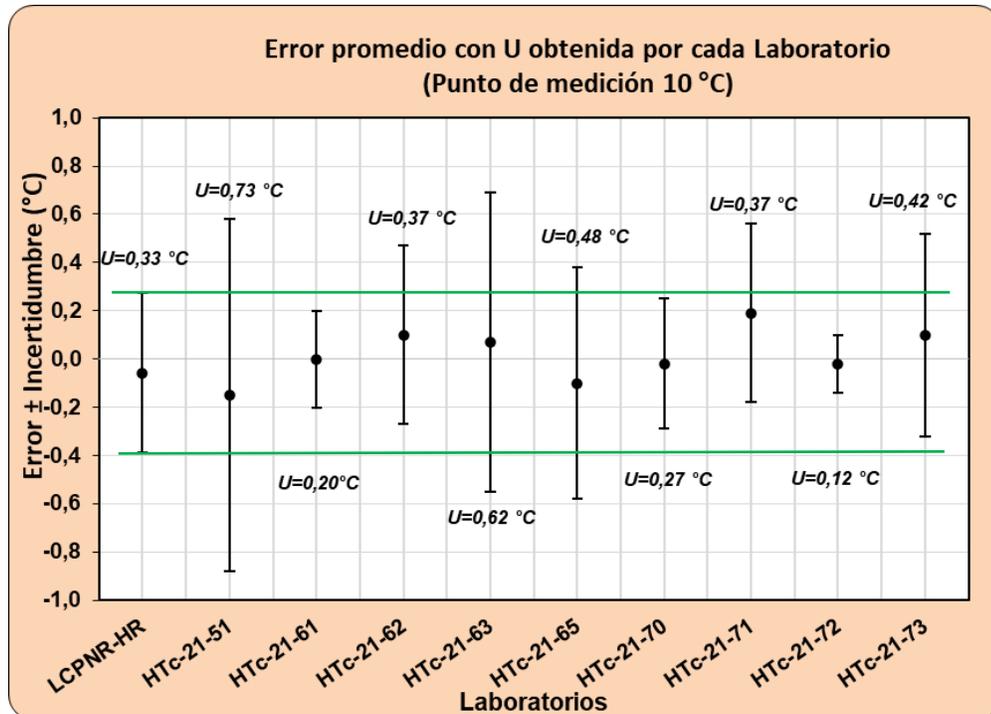


Gráfico 6. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (10 °C).

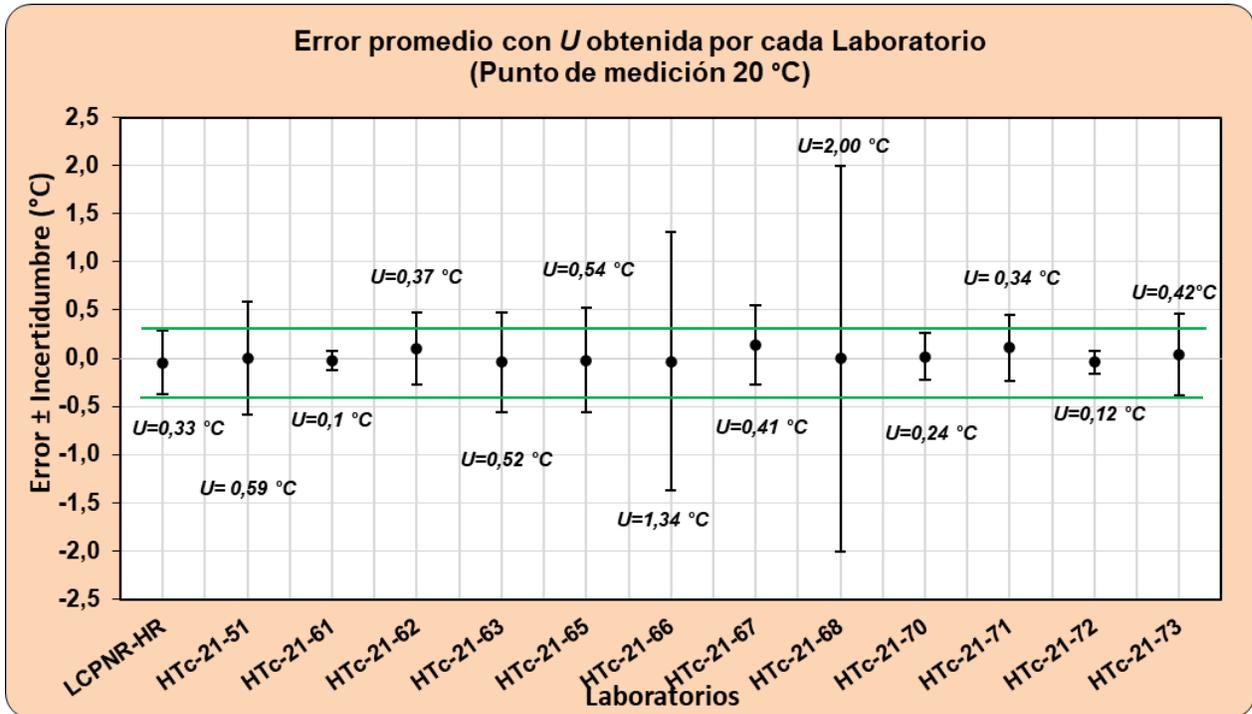


Gráfico 7. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (20 °C).

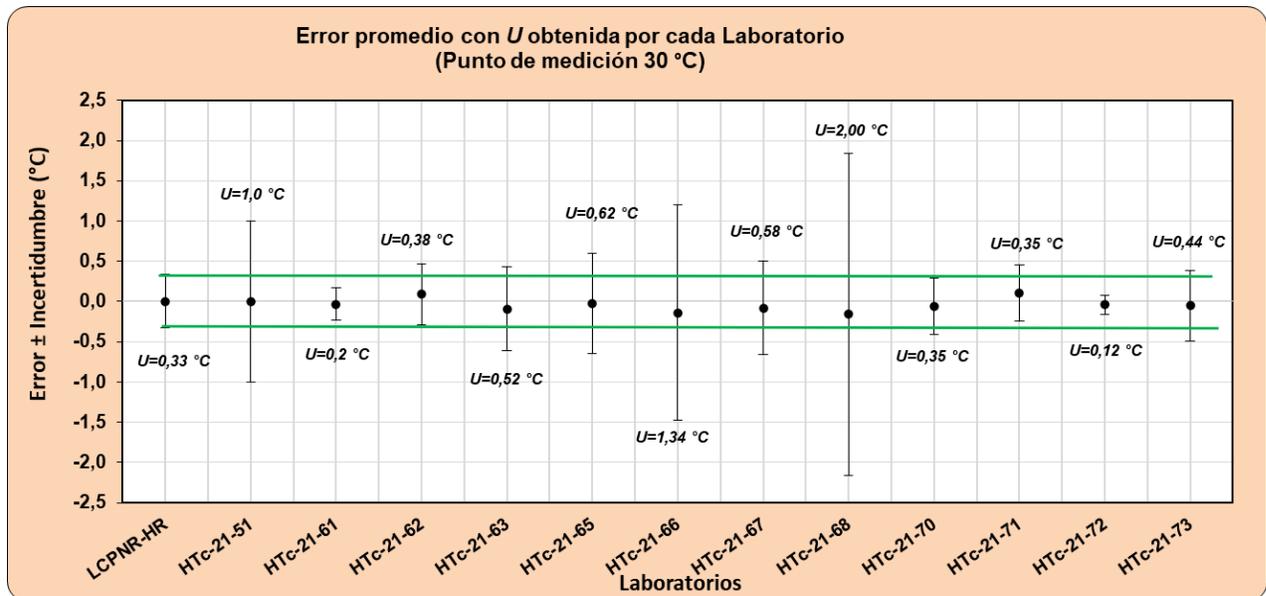


Gráfico 8. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (30 °C).

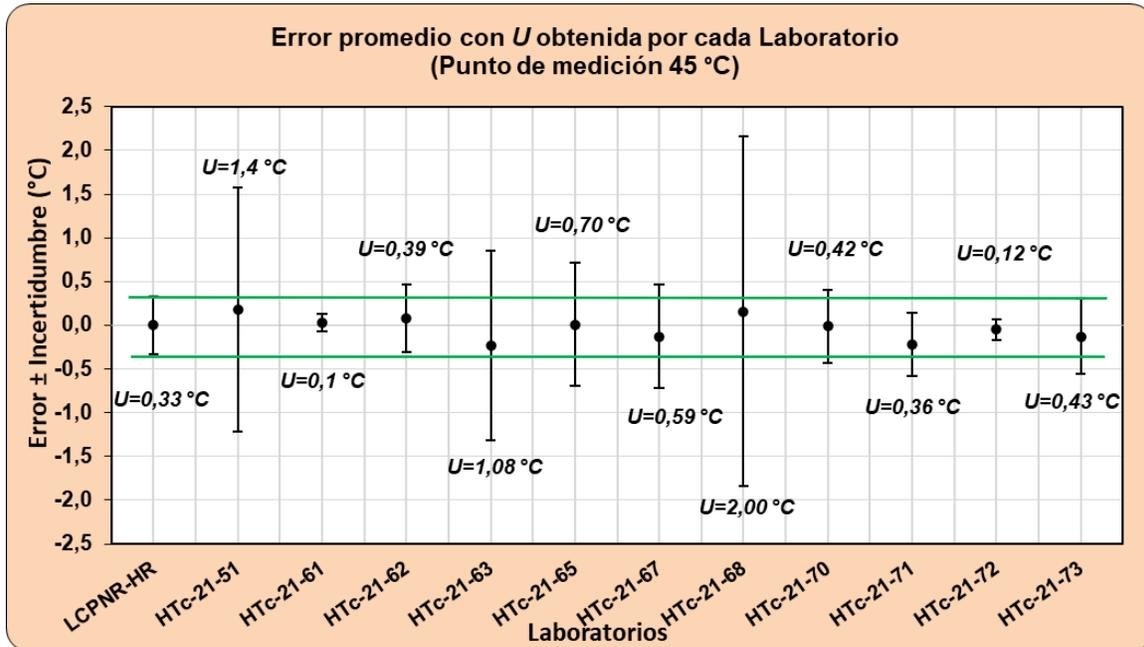


Gráfico 9. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (45 °C).

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$	Resultado satisfactorio
$ E_n > 1.0$	Resultado NO satisfactorio

En la tabla 9 se tienen los resultados de los errores normalizados calculados para los laboratorios participantes

(Para una mayor claridad se mostrarán nuevamente las tablas 7 y 8).

CUADRO DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DEL ERROR NORMALIZADO DE CADA LABORATORIO

Error Promedio de los participantes

Datos Error Promedio Laboratorios													
°C	LCPNR-HR	HTc-21-51	HTc-21-61	HTc-21-62	HTc-21-63	HTc-21-65	HTc-21-66	HTc-21-67	HTc-21-68	HTc-21-70	HTc-21-71	HTc-21-72	HTc-21-73
10	-0,06	-0,15	0,00	0,10	0,07	-0,10	-----	-----	-----	-0,02	0,19	-0,02	0,10
20	-0,05	0,00	-0,02	0,10	-0,04	-0,02	-0,03	0,14	0,00	0,02	0,11	-0,04	0,04
30	0,00	0,00	-0,03	0,09	-0,09	-0,02	-0,14	-0,08	-0,16	-0,06	0,11	-0,04	-0,05
45	0,00	0,18	0,03	0,08	-0,23	0,01	-----	-0,13	0,16	-0,01	-0,22	-0,05	-0,13

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

Incertidumbre de los participantes

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios													
°C	LCPNR-HR (U _{ref})	HTc-21-51	HTc-21-61	HTc-21-62	HTc-21-63	HTc-21-65	HTc-21-66	HTc-21-67	HTc-21-68	HTc-21-70	HTc-21-71	HTc-21-72	HTc-21-73
10,0	0,33	0,73	0,2	0,37	0,62	0,48	-----	-----	-----	0,27	0,37	0,12	0,42
20,0	0,33	0,59	0,1	0,37	0,52	0,54	1,34	0,41	2,00	0,24	0,34	0,12	0,42
30,0	0,33	1,0	0,2	0,38	0,52	0,62	1,34	0,58	2,00	0,35	0,35	0,12	0,44
45,0	0,33	1,4	0,1	0,39	1,08	0,70	-----	0,59	2,00	0,42	0,36	0,12	0,43

Tabla 8. Datos de la incertidumbre expandida, *U*, obtenidos por los participantes.

Cálculo de Error Normalizado

Valor Nominal (°C)	Calculo de Error Normalizado por Laboratorio.												
	HTc-21-51	HTc-21-61	HTc-21-62	HTc-21-63	HTc-21-65	HTc-21-66	HTc-21-67	HTc-21-68	HTc-21-70	HTc-21-71	HTc-21-72	HTc-21-73	
10,0	0,12	0,15	0,32	0,18	0,07	-----	-----	-----	0,09	0,50	0,11	0,29	
20,0	0,07	0,08	0,30	0,01	0,04	0,01	0,36	0,02	0,17	0,33	0,02	0,16	
30,0	0,00	0,09	0,17	0,15	0,04	0,11	0,13	0,08	0,14	0,22	0,13	0,10	
45,0	0,12	0,08	0,15	0,21	0,01	-----	0,20	0,08	0,02	0,46	0,15	0,24	

Tabla 9. 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.

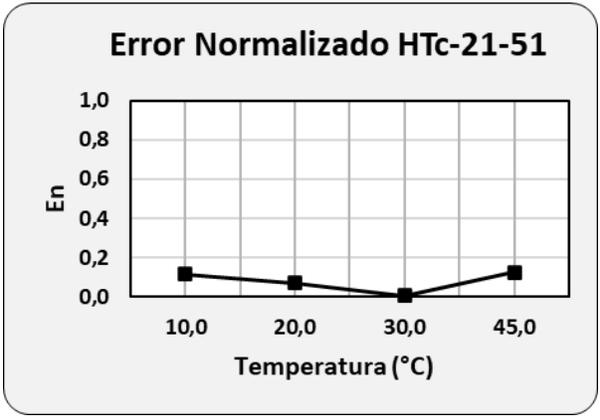


Gráfico (a)

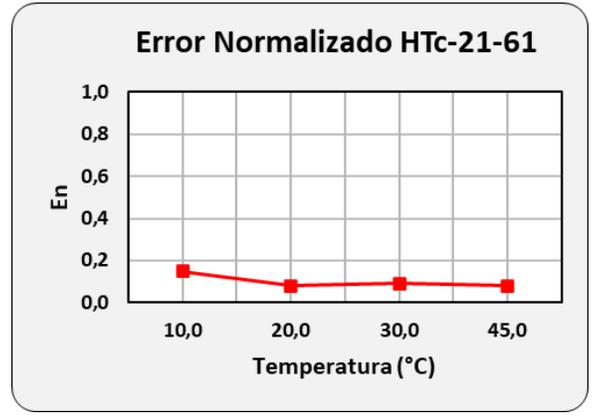


Gráfico (b)

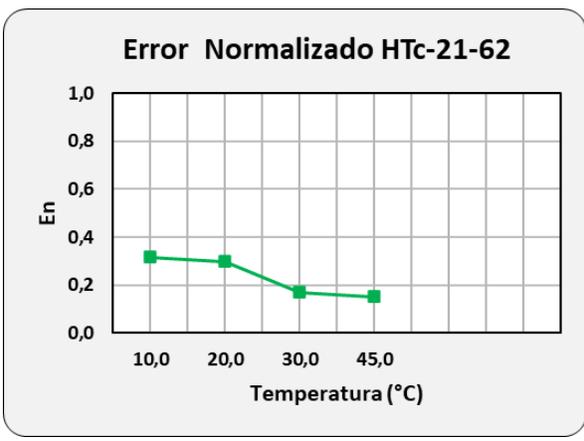


Gráfico (c)

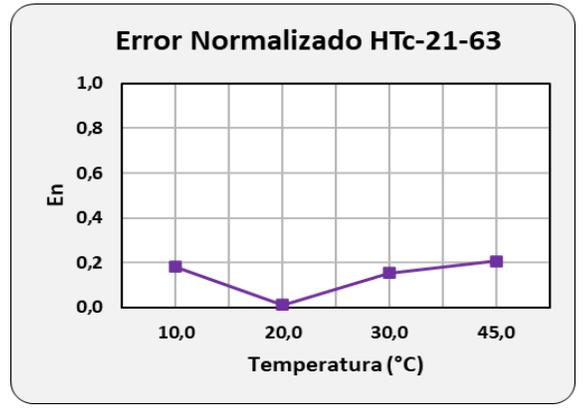


Gráfico (d)

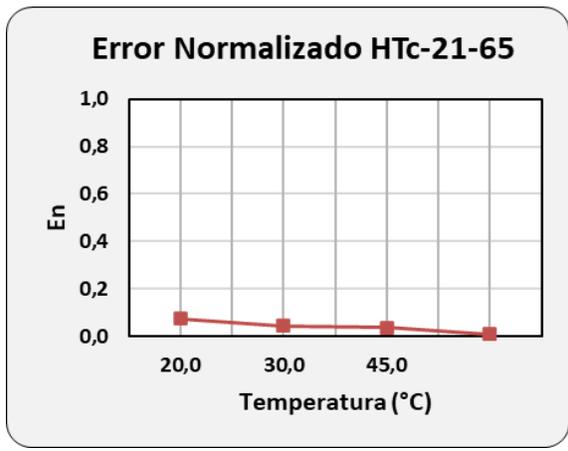


Gráfico (e)

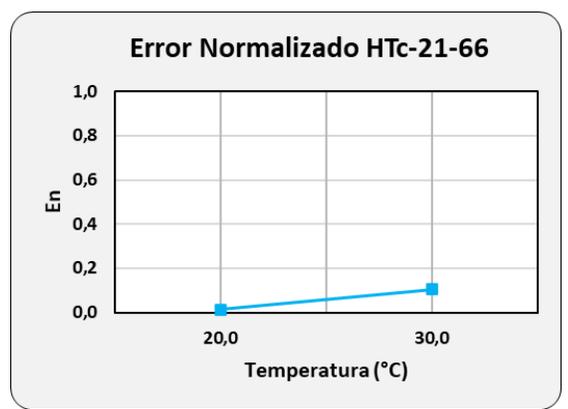


Gráfico (f)

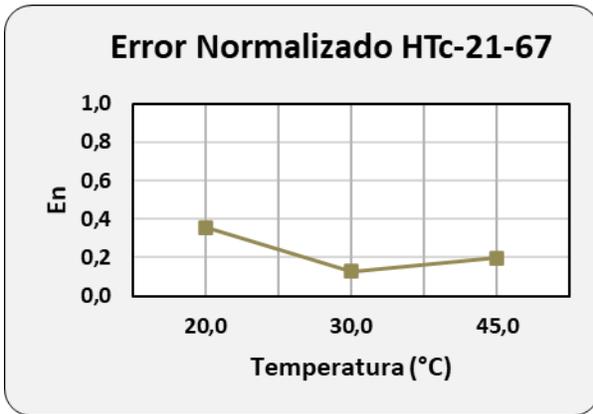


Gráfico (g)

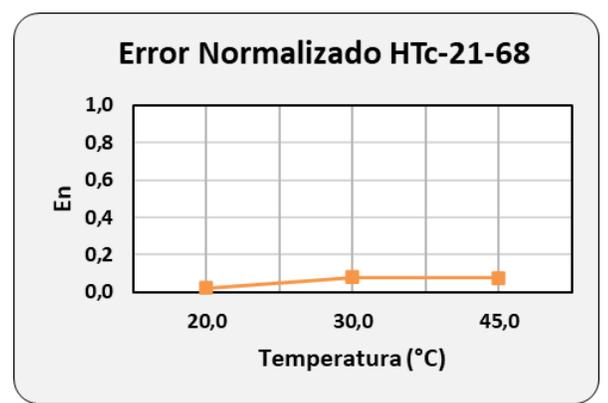


Gráfico (h)

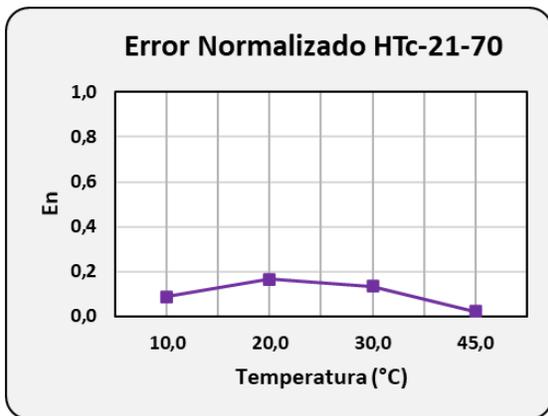


Gráfico (g)

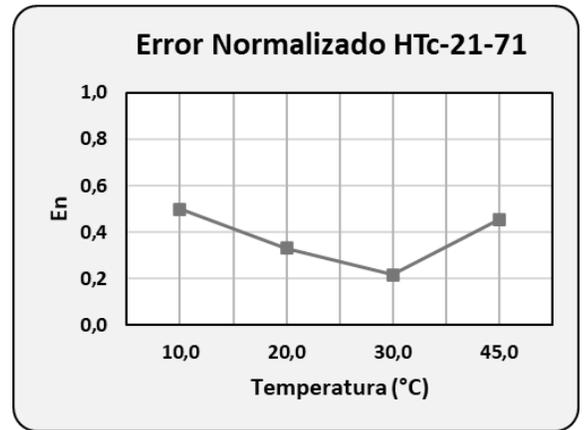


Gráfico (i)

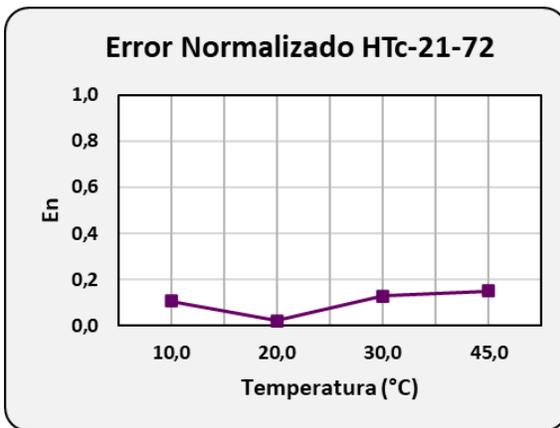


Gráfico (j)

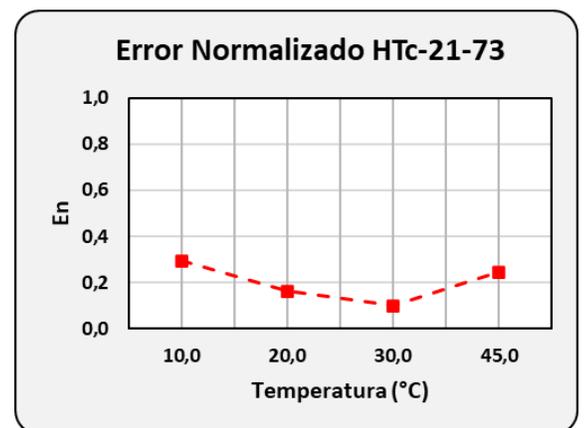


Gráfico (k)

Gráfico 12. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La tabla 10 resume la evaluación de cada laboratorio participante en la comparación nacional HRC-20.

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.

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2[t_p] + u^2[t_{ibc}] + u^2[\delta(t)_{hist}] + u^2[\delta(t)_{instb}] + u^2[\delta(t)_{inho}] + u^2[\delta(t_p)_{der}]} \quad (6)$$

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	[t _p]	δ(t _p) _{der}	[t _{IBC}]		δ(t) _{hist}	δ(t) _{instb}	δ(t) _{inho}	U _{exp} (°C)	MCM
					REP	URES					
1	HTc-21-51	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	(0,73 a 1,4)	Sin dato
2	HTc-21-61	ok	ok	*	*	ok	*	*	*	(0,1 a 0,2)	Sin dato
3	HTc-21-62	ok	ok	*	*	ok	*	*	*	(0,37 a 0,39)	0,15 °C
4	HTc-21-63	ok	ok	*	ok	ok	ok	ok	ok	(0,52 a 1,08)	Sin dato
5	HTc-21-65	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	(0,48 a 0,70)	Sin dato
6	HTc-21-66	ok	ok	*	ok	ok	ok	*	*	(1,34)	Sin dato
7	HTc-21-67	*	*	ok	ok	ok	*	ok	ok	(0,41 a 0,59)	Sin dato
8	HTc-21-68	ok	ok	ok	ok	*	*	ok	ok	(2,00) *	Sin dato
9	HTc-21-70	ok	ok	*	ok	ok	*	ok	ok	(0,27 a 0,42)	Sin dato
10	HTc-21-71	ok	ok	*	ok	ok	ok	ok	ok	(0,34 a 0,37)	Sin dato
11	HTc-21-72	ok	ok	*	ok	ok	ok	*	*	(0,12)	Sin dato
12	HTc-21-73	ok	ok	*	ok	ok	ok	*	*	(0,42 a 0,44)	0,6 °C

Tabla 10. Observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

Nota: * indica que existen diferencias entre lo informado y lo calculado por el LCPN-R-HR con los datos recibidos

Participante HTc-21-51

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Medio de generación de humedad relativa.
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.
- Para el cálculo de incertidumbre por histéresis, el participante utiliza los valores leídos en el patrón de referencia, debe usar los valores leídos en el IBC.
- El laboratorio presenta errores en la evaluación de incertidumbre en las componentes de inestabilidad y de inhomogeneidad de acuerdo a las siguientes tablas:

INESTABILIDAD

Punto de calibración (°C)	$u [\delta(T_{instb})]$ Informada	$u [\delta(T_{instb})]$ Correcta
10	0,098/1= 0,098	0,098/ $\sqrt{3}$ =0,057
20	0,064/1= 0,064	0,064/ $\sqrt{3}$ =0,037
30	0,120/1= 0,120	0,120/ $\sqrt{3}$ =0,069
45	0,150/1= 0,150	0,150/ $\sqrt{3}$ =0,087

INHOMOGENEIDAD

Punto de calibración (°C)	$u [\delta(HR_{incho})]$ Informada	$u [\delta(HR_{incho})]$ Correcta
10	0,290/1= 0,290	0,290/ $\sqrt{3}$ =0,167
20	0,230/1= 0,230	0,230/ $\sqrt{3}$ =0,133
30	1,200/1= 1,200	0,460/ $\sqrt{3}$ =0,266
45	1,300/1= 1,300	0,640/ $\sqrt{3}$ =0,370

La forma de evaluar la inestabilidad de la cámara es la siguiente de acuerdo al protocolo del ensayo de aptitud:

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coficiente de Sensibilidad
Inestabilidad temporal de la cámara climática.	$u[\delta(t)_{instb}]$	Esta considera la incertidumbre por inestabilidad de temperatura dentro de la cámara climática. $ \delta(t)_{instb} \leq \text{Max} \bar{T} - T_i $	Rectangular	$\sqrt{3}$	1
Falta de homogeneidad espacial de la cámara climática.	$u[\delta(HR)_{incho}]$	Esta considera la incertidumbre por la falta de homogeneidad de humedad dentro de la cámara climática. $ \delta(HR)_{incho} \leq \text{Max} h_{ref} - h_i $	Rectangular	$\sqrt{3}$	1

La situación anterior implica un error en el cálculo de incertidumbre final en la calibración de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (°C)	$U [exp]$ Informada (°C)	$U [exp]$ Correcta (°C)	% de U Sobrevalorado
10	0,73	0,54	35,8%
20	0,59	0,45	32,0%
30	1,01	0,65	55,8%
45	1,39	0,88	57,6%

Con lo anterior el error normalizado del laboratorio participante queda de la siguiente manera:

Punto de calibración (°C)	Error Normalizado (Con incertidumbre informada)	Error Normalizado (Con incertidumbre correcta)
10	0,12	0,14
20	0,07	0,09
30	0,00	0,00
45	0,12	0,19

Participante HTc-21-61

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.
- El laboratorio no sigue el procedimiento de toma de mediciones según lo señalado en el protocolo de aptitud, además presenta un cálculo de incertidumbre por repetibilidad con 5 mediciones, mientras que en el punto 9 del “Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional” emitido por el LCPNR-HR en abril de este año se señala

*“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. La estabilización del IBC se alcanza cuando sus lecturas no muestran un cambio sistemático de valor, una vez dada esta condición, **se debe realizar por lo menos 10 mediciones en cada punto de calibración en intervalos de 1 minuto.** Se recomienda como mínimo tiempo de estabilización 2 horas por punto.”*

PROTOCOLO DE CALIBRACION					
Set Point	10 °C @ 50 %HR.			Observaciones	
CONDICIONES AMBIENTALES					
T° Inicial	20	%HR Inicial	55		
T° Final	21	% HR Final	53		
Lectura N°	Hora	LECTURA DEL PATRON Standard reading		LECTURA DEL IBC IBC reading	
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
1	12:00	9,90	50	9,94	50
2	12:10	9,86	50	9,92	50
3	12:19	9,95	50	10,00	50
4	12:30	9,87	50	9,92	50
5	12:42	9,91	50	9,98	50
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio		9,90	50		
Valor de Corrección		0,05	0		
Promedio Corregido		9,95	50		

Figura 4: Registro de resultados informada por participante HTC-21-61 para punto de medida 10 °C

- El laboratorio no presenta mediciones para la estimación de la contribución por histéresis, sin embargo, en la sección “Respaldo de resultados Temp.” informa esta contribución con valor promedio para la medición descendente igual a 9.90 °C, lo que no coincide con lo presentado en el protocolo de mediciones:

PROTOCOLO DE CALIBRACION					
Set Point	10 °C @ 50 %HR.			Observaciones	
CONDICIONES AMBIENTALES					
T° Inicial	20	%HR Inicial	55		
T° Final	21	% HR Final	53		
Lectura N°	Hora	LECTURA DEL PATRON Standard reading		LECTURA DEL IBC IBC reading	
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
1	12:00	9,90	50	9,94	50
2	12:10	9,86	50	9,92	50
3	12:19	9,95	50	10,00	50
4	12:30	9,87	50	9,92	50
5	12:42	9,91	50	9,98	50
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio		9,90	50		
Valor de Corrección		0,05	0		
Promedio Corregido		9,95	50		

PROTOCOLO DE CALIBRACION						
Set Point					Observaciones	
CONDICIONES AMBIENTALES						
T° Inicial		%HR Inicial				
T° Final		% HR Final				
Lectura N°	Hora	LECTURA DEL PATRON Standard reading		LECTURA DEL IBC IBC reading		
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Promedio						
Valor de Corrección						
Promedio Corregido						

Figura 5: Registro de resultados informada por participante HTC-21-61 en menor punto de medida en sentido ascendente (izquierda) y descendente (derecha) para estimación de contribución de incertidumbre por histéresis.

Calculo de Incertidumbre por Histéresis	Valor ascendente	9,95
	valor descendente	9,90
	Valor de Histéresis	0,05
	Divisor	3,464
	u Histéresis	0,014

Figura 6: Registro en sección “Respaldo de resultados Temp.” para contribución de incertidumbre por histéresis.

- El laboratorio presenta errores en la evaluación de incertidumbre en las componentes de inestabilidad y de inhomogeneidad de acuerdo a las siguientes tablas:

INESTABILIDAD

Punto de calibración (°C)	$u [\delta(T_{inestb})]$ Informada	$u [\delta(T_{inestb})]$ Correcta
10	$0,114/\sqrt{12}=0,0328$	$0,114/\sqrt{3}=0,066$
20	$0,097/\sqrt{12}=0,0280$	$0,097/\sqrt{3}=0,056$
30	$0,065/\sqrt{12}=0,0187$	$0,065/\sqrt{3}=0,037$
45	$0,058/\sqrt{12}=0,0167$	$0,058/\sqrt{3}=0,033$

INHOMOGENEIDAD

Punto de calibración (%HR)	$u [\delta(HR_{inho})]$ Informada	$u [\delta(HR_{inho})]$ Correcta
10	$0,325/\sqrt{12}=0,0937$	$0,325/\sqrt{3}=0,187$
20	$0,171/\sqrt{12}=0,0493$	$0,171/\sqrt{3}=0,099$
30	$0,310/\sqrt{12}=0,0896$	$0,310/\sqrt{3}=0,179$
45	$0,231/\sqrt{12}=0,0493$	$0,231/\sqrt{3}=0,133$

La forma de evaluar la inestabilidad de la cámara es la siguiente de acuerdo al protocolo del ensayo de aptitud:

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coefficiente de Sensibilidad
Inestabilidad temporal de la cámara climática.	$u[\delta(t)_{instb}]$	Esta considera la incertidumbre por inestabilidad de temperatura dentro de la cámara climática. $ \delta(t)_{instb} \leq \text{Max} \bar{T} - T_i $	Rectangular	$\sqrt{3}$	1
Falta de homogeneidad espacial de la cámara climática.	$u[\delta(HR)_{inho}]$	Esta considera la incertidumbre por la falta de homogeneidad de humedad dentro de la cámara climática. $ \delta(HR)_{inho} \leq \text{Max} h_{ref} - h_i $	Rectangular	$\sqrt{3}$	1

- Presenta error en el cálculo de la contribución en la incertidumbre por deriva de acuerdo al siguiente cuadro:

Punto de calibración (°C)	$u [\delta(HR_p)]_{der}$ Informada	$u [\delta(HR_p)]_{der}$ Correcta
10	$0,0319/\sqrt{12} = 0,0092$	$0,0319/\sqrt{3} = 0,0184$
20	$0,0343/\sqrt{12} = 0,0099$	$0,0343/\sqrt{3} = 0,0198$
30	$0,0367/\sqrt{12} = 0,0106$	$0,0367/\sqrt{3} = 0,0212$
45	$0,0405/\sqrt{12} = 0,0099$	$0,0405/\sqrt{3} = 0,0234$

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coefficiente de Sensibilidad
Deriva máxima del patrón	$u[\delta(\%HR_p)_{der}]$	Incertidumbre debida a la deriva máxima del patrón. Esta incertidumbre se estimará través de los históricos de los patrones o de datos suministrados por el fabricante.	Rectangular	$\sqrt{3}$	1

Estas inconsistencias de cálculo generan una subestimación de su incertidumbre combinada:

Punto de calibración (°C)	$U [exp]$ Informada (°C)	$U [exp]$ Correcta (°C)	% de U Subvalorado
10	0,21	0,40	47,5%
20	0,13	0,24	45,8%
30	0,20	0,38	47,4%
45	0,12	0,22	45,5%

Participante HTC-21-62

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.
- El laboratorio presenta un error en el cálculo de contribución de incertidumbre por repetibilidad, usa como divisor el número de mediciones y debe ser la raíz cuadrada del número de mediciones

Punto de calibración (°C)	U_{rep} Informada	U_{rep} Correcta
10	$0,0042/10=0,0004$	$0,0042/\sqrt{10}=0,0013$
20	$0,0052/10=0,0005$	$0,0052/\sqrt{10}=0,0016$
30	$0,0085/10=0,0009$	$0,0085/\sqrt{10}=0,0027$
45	$0,0088/10=0,0009$	$0,0088/\sqrt{10}=0,0028$

- Para el cálculo de incertidumbre por histéresis, el participante utiliza los valores leídos en el patrón de referencia, debe usar los valores leídos en el IBC.
- El participante utiliza el mismo valor en todos los puntos para la contribución de incertidumbre por inestabilidad e inhomogeneidad. Debe caracterizar el volumen útil de su medio de generación de humedad y temperatura para evaluar correctamente estas contribuciones.
- El participante utiliza el mismo valor en todos los puntos para la contribución de incertidumbre por deriva del patrón, este debe ser evaluado a partir del historial de calibraciones para cada punto de trabajo.

Participante HTC-20-63

- El participante utiliza el mismo valor en todos los puntos para la contribución de incertidumbre por deriva del patrón, este debe ser evaluado a partir del historial de calibraciones para cada punto de trabajo.

Participante HTC-21-65

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Medio de generación de humedad relativa.
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.

Participante HTC-21-66

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Medio de generación de humedad relativa.
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.
- El laboratorio informa como menor punto de calibración 12 °C que no corresponde al punto acordado en el protocolo emitido previo a la realización de este ensayo de aptitud, siendo el valor acordado 10 °C, por lo que no se evalúa su desempeño en este punto.
- El laboratorio presenta un mismo valor en todos los puntos de medida para la contribución de incertidumbre por inestabilidad e inhomogeneidad. Debe caracterizar el volumen útil de su medio de generación de humedad y temperatura. Por otra parte, presenta errores en la evaluación de estas contribuciones, usando como divisor $\sqrt{12}$ en lugar de $\sqrt{3}$ de acuerdo a lo indicado en el protocolo de preparación de la ronda de comparación:

INESTABILIDAD

Punto de calibración (°C)	$u [\delta(T_{instb})]$ Informada	$u [\delta(T_{instb})]$ Correcta
20 a 30	$0,100/\sqrt{12}=0,0328$	$0,100/\sqrt{3}=0,058$

INHOMOGENEIDAD

Punto de calibración (%HR)	$u [\delta(HR_{incho})]$ Informada	$u [\delta(HR_{incho})]$ Correcta
20 a 30	$1,300/\sqrt{12}=0,375$	$1,300/\sqrt{3}=0,751$

La forma de evaluar la inestabilidad e inhomogeneidad de la cámara es la siguiente de acuerdo al protocolo del ensayo de aptitud:

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coficiente de Sensibilidad
Inestabilidad temporal de la cámara climática.	$u[\delta(t)_{instb}]$	Esta considera la incertidumbre por inestabilidad de temperatura dentro de la cámara climática. $ \delta(t)_{instb} \leq \text{Max} \bar{T} - T_i $	Rectangular	$\sqrt{3}$	1
Falta de homogeneidad espacial de la cámara climática.	$u[\delta(HR)_{incho}]$	Esta considera la incertidumbre por la falta de homogeneidad de humedad dentro de la cámara climática. $ \delta(HR)_{incho} \leq \text{Max} h_{ref} - h_i $	Rectangular	$\sqrt{3}$	1

- El participante utiliza el mismo valor en todos los puntos para la contribución de incertidumbre por deriva del patrón, este debe ser evaluado a partir del historial de calibraciones para cada punto de trabajo

Estas inconsistencias de cálculo generan una subestimación de su incertidumbre combinada:

Punto de calibración (°C)	U [exp] Informada (°C)	U [exp] Correcta (°C)	% de U Subvalorado
20	1,34	1,87	28,3%
30	1,34	1,87	28,3%

Participante HTC-21-67

- El laboratorio presenta como patrón para el ensayo de aptitud un equipo cuya calibración fue el 23 de diciembre de 2015.

ESPECIFICACIONES TECNICAS Y TRAZABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS							
EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	ALCANCE	RESOLUCION	INCERTIDUMBRE	FECHA DE CALIBRACION	TRAZABILIDAD
Termohigrómetro patrón	Testo	650	-20 a 70 °C 0 a 100 %HR	0,1 °C 0,1 %HR		23-12-2015	

- El laboratorio presenta errores en la evaluación de incertidumbre de su patrón utilizado en el ensayo de aptitud de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (°C)	u [$\delta(T_{inestb})$] Informada	u [$\delta(T_{inestb})$] Correcta
20	0,15/1=0,15	0,15/2=0,075
30	0,15/1=0,15	0,15/2=0,075
45	0,15/1=0,15	0,15/2=0,075

La situación anterior implica un error en el cálculo de incertidumbre final en la calibración de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (°C)	U [exp] Informada (°C)	U [exp] Correcta (°C)	% de U Sobrevalorado
20	0,41	0,32	28,1%
30	0,58	0,52	11,5%
45	0,59	0,53	11,3%

Con lo anterior el error normalizado del laboratorio participante queda de la siguiente manera:

Punto de calibración (°C)	Error Normalizado (Con incertidumbre informada)	Error Normalizado (Con incertidumbre correcta)
20	0,36	0,41

30	0,13	0,13
45	0,20	0,20

- Para el cálculo de incertidumbre por histéresis, el participante utiliza los valores leídos en el patrón de referencia, debe usar los valores leídos en el IBC.

Participante HTC-21-68

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Medio de generación de humedad relativa.
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.
- El laboratorio presenta errores en la evaluación de incertidumbre por resolución del patrón viajero de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (°C)	u [Resolución] Informada	u [Resolución] Correcta
20	$0,1/\sqrt{12}=0,029$	$0,01/\sqrt{12}=0,0029$
30	$0,1/\sqrt{12}=0,029$	$0,01/\sqrt{12}=0,0029$
45	$0,1/\sqrt{12}=0,029$	$0,01/\sqrt{12}=0,0029$

- Para el cálculo de incertidumbre por histéresis el participante toma la desviación de la lectura ($t_{IBC} - t_{ref}$), tanto en el valor leído en sentido ascendente como para el valor en sentido descendente, y la diferencia entre estas cantidades es tomada como contribución a la incertidumbre por histéresis. Debe usar la lectura del IBC en ambos casos, esto es

Histéresis Informada	Histéresis Correcta
$ (20,33 - 20,28) - (22,78 - 22,74) = 0,009$	$ 20,33 - 22,78 = 2,45$

- El laboratorio presenta en la sección “reporte final” un valor de incertidumbre final distinto al calculado en la sección “respaldo de resultados temp.”:

Punto de calibración (°C)	U [exp] Informada (°C)	U [exp] Calculada por el participante (°C)
20	2,00	1,16
30	2,00	1,18
45	2,00	1,17

Con lo anterior el error normalizado del laboratorio participante queda de la siguiente manera:

Punto de calibración (°C)	Error Normalizado (Con incertidumbre informada)	Error Normalizado (Con incertidumbre calculada)
20	0,02	0,04
30	0,08	0,13
45	0,08	0,13

Participante HTC-21-70

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.
- Para el cálculo de incertidumbre por histéresis el participante toma la desviación de la lectura ($t_{IBC} - t_{ref}$), tanto en el valor leído en sentido ascendente como para el valor en sentido descendente, y la diferencia entre estas cantidades es tomada como contribución a la incertidumbre por histéresis. Debe usar la lectura del IBC en ambos casos, esto es

Histéresis Informada	Histéresis Correcta
$ (9,661 - 9,682) - (10,266 - 10,164) = 0,123$	$ 9,661 - 10,164 = 0,503$

- El participante utiliza el mismo valor en todos los puntos para la contribución de incertidumbre por deriva del patrón, este debe ser evaluado a partir del historial de calibraciones para cada punto de trabajo.

Participante HTC-21-71

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.
 - Medio de generación de humedad y temperatura
- El participante utiliza el mismo valor en todos los puntos para la contribución de incertidumbre por deriva del patrón, este debe ser evaluado a partir del historial de calibraciones para cada punto de trabajo.

Participante HTC-21-72

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.
- El laboratorio presenta un mismo valor en todos los puntos de medida para la contribución de incertidumbre por inestabilidad e inhomogeneidad. Debe caracterizar el volumen útil de su medio de generación de humedad y temperatura.
- El participante utiliza el mismo valor en todos los puntos para la contribución de incertidumbre por deriva del patrón, este debe ser evaluado a partir del historial de calibraciones para cada punto de trabajo.

Participante HTC-21-73

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:
 - Medio de generación de humedad y temperatura
- El laboratorio presenta un mismo valor en todos los puntos de medida para la contribución de incertidumbre por inestabilidad e inhomogeneidad. Debe caracterizar el volumen útil de su medio de generación de humedad y temperatura. Por otra parte, presenta un error en la evaluación de la contribución de incertidumbre por inestabilidad, usando como divisor $\sqrt{12}$ en lugar de $\sqrt{3}$ de acuerdo a lo indicado en el protocolo de preparación de la ronda de comparación:

INESTABILIDAD

Punto de calibración (°C)	$u [\delta(T_{instb})]$ Informada	$u [\delta(T_{instb})]$ Correcta
10 a 30	$0,100/\sqrt{12}=0,029$	$0,100/\sqrt{3}=0,058$
45	$0,200/\sqrt{12}=0,058$	$0,200/\sqrt{3}=0,115$

La forma de evaluar la inestabilidad de la cámara es la siguiente de acuerdo al protocolo del ensayo de aptitud:

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coefficiente de Sensibilidad
Inestabilidad temporal de la cámara climática.	$u[\delta(t)_{instb}]$	Esta considera la incertidumbre por inestabilidad de temperatura dentro de la cámara climática. $ \delta(t)_{instb} \leq \text{Max} \bar{T} - T_i $	Rectangular	$\sqrt{3}$	1

- El participante utiliza el mismo valor en todos los puntos para la contribución de incertidumbre por deriva del patrón, este debe ser evaluado a partir del historial de calibraciones para cada punto de trabajo.

CONCLUSIONES RONDA HTC-20

- De los resultados obtenidos por los laboratorios participantes en este ejercicio de acuerdo al criterio de cálculo de Error normalizado “**Ronda HTC-20**” integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:
- EL 100% de los laboratorios obtienen un resultado **SATISFACTORIO**.

A pesar de este resultado y por los análisis realizados a cada laboratorio participante se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- **Respaldo de los resultados.**

No todos los laboratorios enviaron sus respaldos de resultados y las plantillas proporcionadas por el laboratorio piloto debidamente cumplimentadas (**Laboratorio 21,22 y 24**). Se debe entender la necesidad de contar con estos datos para un mejor análisis.

En los próximos ensayos, los laboratorios que no informen correctamente su data técnica, no serán incluidos en los informes respectivos.

- **Desviación de la Indicación.**

El participante debe asegurar que el valor calculado de error concuerde matemáticamente en el informe de los resultados de la calibración (**Laboratorio 26**).

- **Patrón.**

El participante debe asegurar que la evaluación de la incertidumbre de su patrón se realice de manera correcta. Es decir, como se establece en el protocolo del ensayo (**Laboratorio 24**)

- **Repetibilidad.**

El participante debe asegurar que la evaluación de la incertidumbre por repetibilidad se realice de manera correcta. Es decir, como se establece en el protocolo del ensayo (**Laboratorio 22 y 24**)

- **Deriva.**

El participante debe asegurar que la evaluación de la deriva se realice de manera correcta. Es decir, como se establece en el protocolo del ensayo (**Laboratorios 21, 24,27 y 28**)

Histéresis.

El participante debe asegurar que la evaluación de la histéresis se realice de manera correcta. Es decir, como se establece en el protocolo del ensayo (**Laboratorios 22, 23, 24, 26 y 29**)

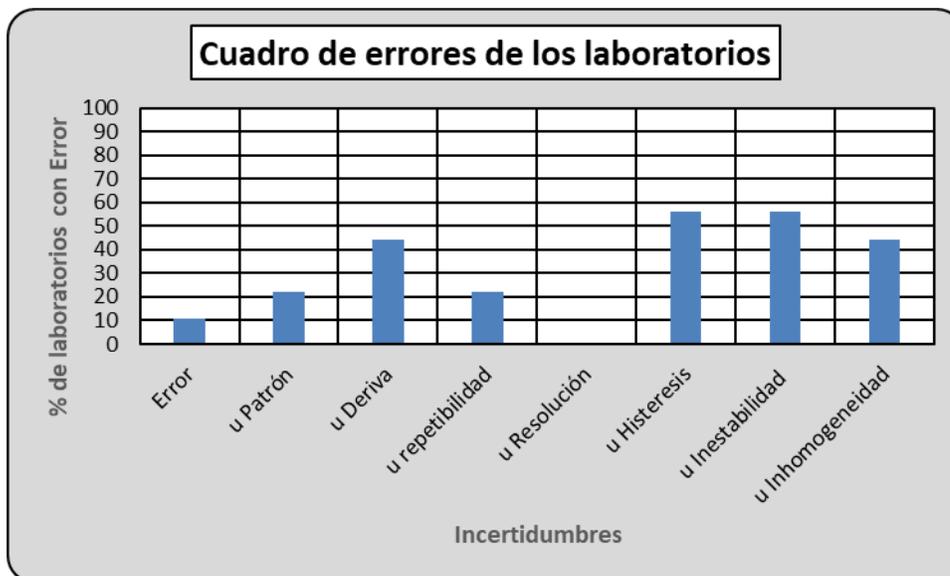
- **Inestabilidad e inhomogeneidad de la cámara.**

El participante debe realizar una caracterización a su cámara climática (medio de generación) para conocer de manera confiable los datos de base para los cálculos de incertidumbre por esta variable. (**Laboratorios 21, 22, 24 ,28 y 29**)

Una forma de realizar esta caracterización esta descrita en el siguiente link:

http://www.metrologia.cl/medios/Determ_incert_estab_grad_histeresis.pdf

De los análisis anteriormente explicados se adjunta un gráfico, donde se puede observar porcentualmente los errores detectados en cada contribución de incertidumbre



AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 9 laboratorios Participantes que presentaron resultados en este ensayo de aptitud H-21 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).
- (7) http://www.metrologia.cl/medios/Determ_incert_estab_grad_histeresis.pdf