



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

INFORME A

COMPARACIÓN NACIONAL

HRc-21
(Participantes con Cámara Climática)

CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL

Rango de medición: 10 %HR a 95 %HR.

Medio de Generación: Cámara climática.

agosto 2021 – diciembre 2021

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 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 Humedad Relativa 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 0 %HR a 100 %HR., clase de exactitud del $\pm 1,0$ %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 disseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a 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 Humedad Relativa 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	VIGNOLA	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

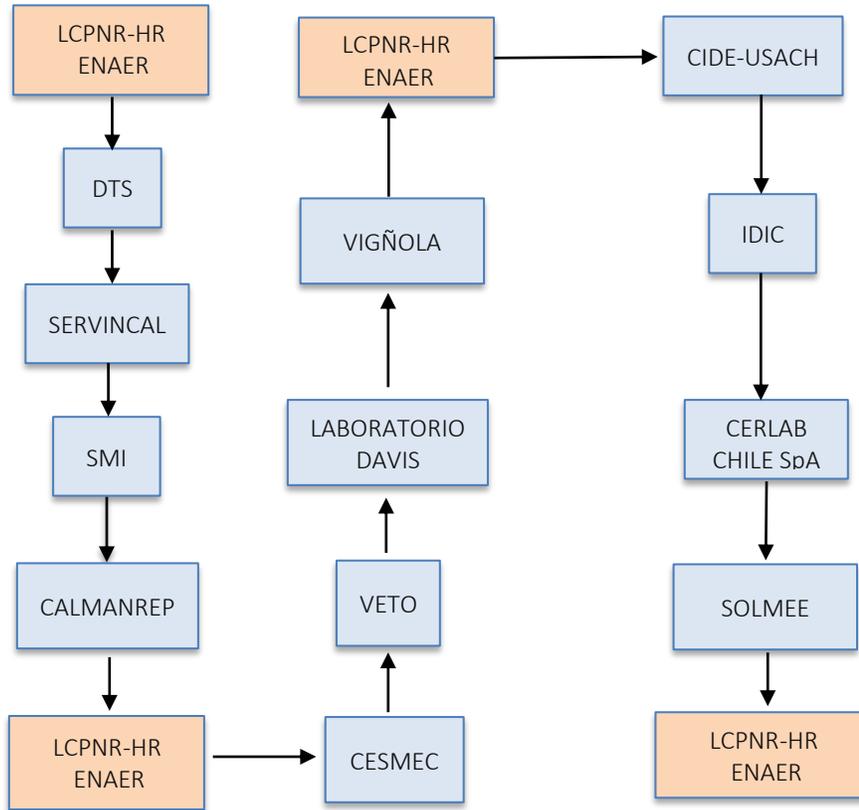


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

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 2021 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	10	33	59	75	85	95

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 %HR	Incertidumbre expandida, k=2 %HR
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	10 a 95	0,5 a 1,2

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:

Temp. Cámara (°C)	Calibración inicial 19.08. 2021				Calibración intermedia 23.09.2021				Calibración intermedia 28.10.2021				Calibración Final 03.12.2021			
	RH Patron	RH (Vaisala)	E ₁	U ₁	RH Patron	RH (vaisala)	E ₂	U ₂	RH Patron	RH (vaisala)	E ₃	U ₃	RH Patron	RH (vaisala)	E ₄	U ₄
23	10,00	10,46	0,46	0,50	9,99	10,61	0,62	0,50	9,99	10,50	0,51	0,50	9,99	10,45	0,46	0,50
	32,98	33,65	0,67	0,50	32,95	34,29	1,34	0,50	32,99	33,86	0,87	0,50	33,00	33,91	0,91	0,50
	59,00	59,18	0,18	0,72	58,97	59,68	0,71	0,72	58,99	59,16	0,17	0,72	58,98	59,26	0,28	0,72
	74,99	74,35	-0,64	0,90	74,99	75,03	0,04	0,90	74,98	74,34	-0,64	0,90	75,01	74,41	-0,60	0,91
	84,96	84,03	-0,93	1,03	84,94	84,56	-0,38	1,03	84,89	83,84	-1,05	1,02	84,93	83,99	-0,94	1,02
	94,92	93,90	-1,02	1,12	94,90	94,19	-0,71	1,12	94,96	93,60	-1,36	1,12	94,96	93,74	-1,22	1,12

(Nota: La Incertidumbre de cada calibración reportada 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.

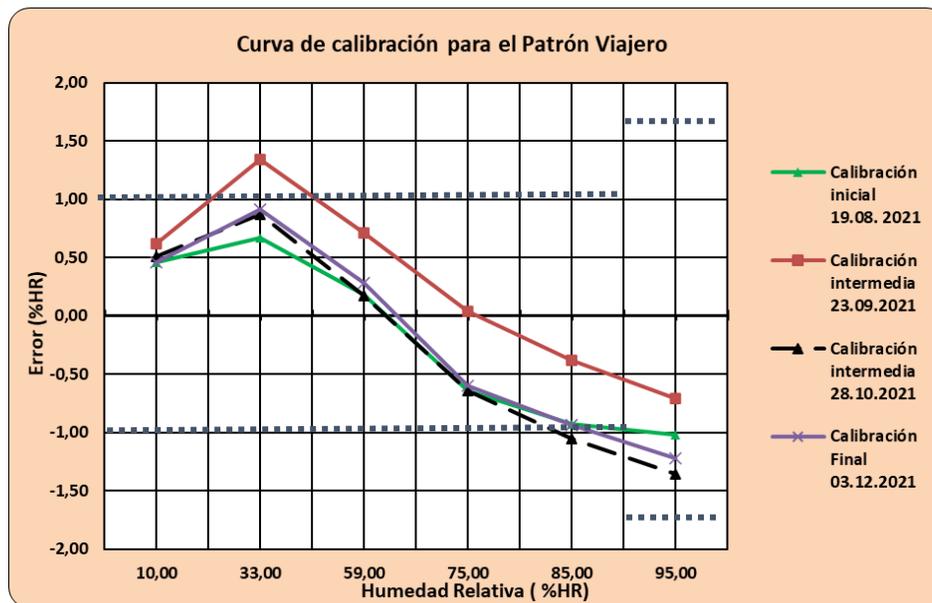


Gráfico 1. Error de medición encontrado para el patrón viajero en las calibraciones realizadas por el LCPNR-HR de ENAER.
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento)

Error promedio e incertidumbre expandida del Laboratorio Piloto

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

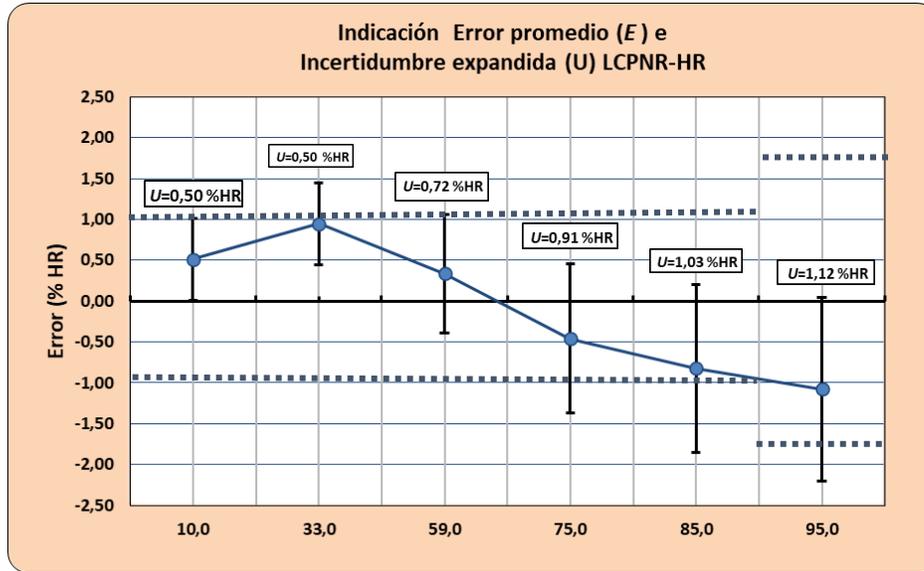


Gráfico 2. Error promedio, E, e incertidumbre expandida, U (k=2, 95%) obtenida por el LCPNR-HR ENAER.

(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})

RH Nominal	Patrón Viajero (Vaisala)								
	E_1	E_2	d_{1-2}	E_2	E_3	d_{2-3}	E_3	E_4	d_{3-4}
10	0,46	0,62	0,16	0,62	0,51	0,11	0,51	0,46	0,05
33	0,67	1,34	0,67	1,34	0,87	0,47	0,87	0,91	0,04
59	0,18	0,71	0,53	0,71	0,17	0,54	0,17	0,28	0,11
75	-0,64	0,04	0,68	0,04	-0,64	0,68	-0,64	-0,60	0,04
85	-0,93	-0,38	0,55	-0,38	-1,05	0,67	-1,05	-0,94	0,11
95	-1,02	-0,71	0,31	-0,71	-1,36	0,65	-1,36	-1,22	0,14

minima deriva	0,04
maxima deriva	0,68

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 0,68 % HR. (valor absoluto).

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 (0,68 %HR) y será evaluada como una distribución rectangular tipo B, de esta forma la contribución por deriva del patrón será:

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

$$u_{\text{deriva}} = (0,68/\sqrt{3}) = 0,39 \text{ \% HR.}$$

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).

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

Humedad Nominal % HR	U mediciones LCPNR-HR (%HR)				U máxima (LCPNR-HR) % HR	Deriva Patrón viajero % HR	Incertidumbre por deriva patrón Viajero	Incertidumbre de Referencia (%HR) $U_{ref} = 2 * \sqrt{\left(\frac{U_{LCPNR-HR}}{2}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2}$
	U_1	U_2	U_3	U_4				
10,0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,68	0,39	0,93
33,0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,68	0,39	0,93
59,0	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,68	0,39	1,07
75,0	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,68	0,39	1,20
85,0	1,03	1,03	1,02	1,02	1,03	0,68	0,39	1,30
95,0	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	0,68	0,39	1,37

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 0,68%HR, 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, 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.

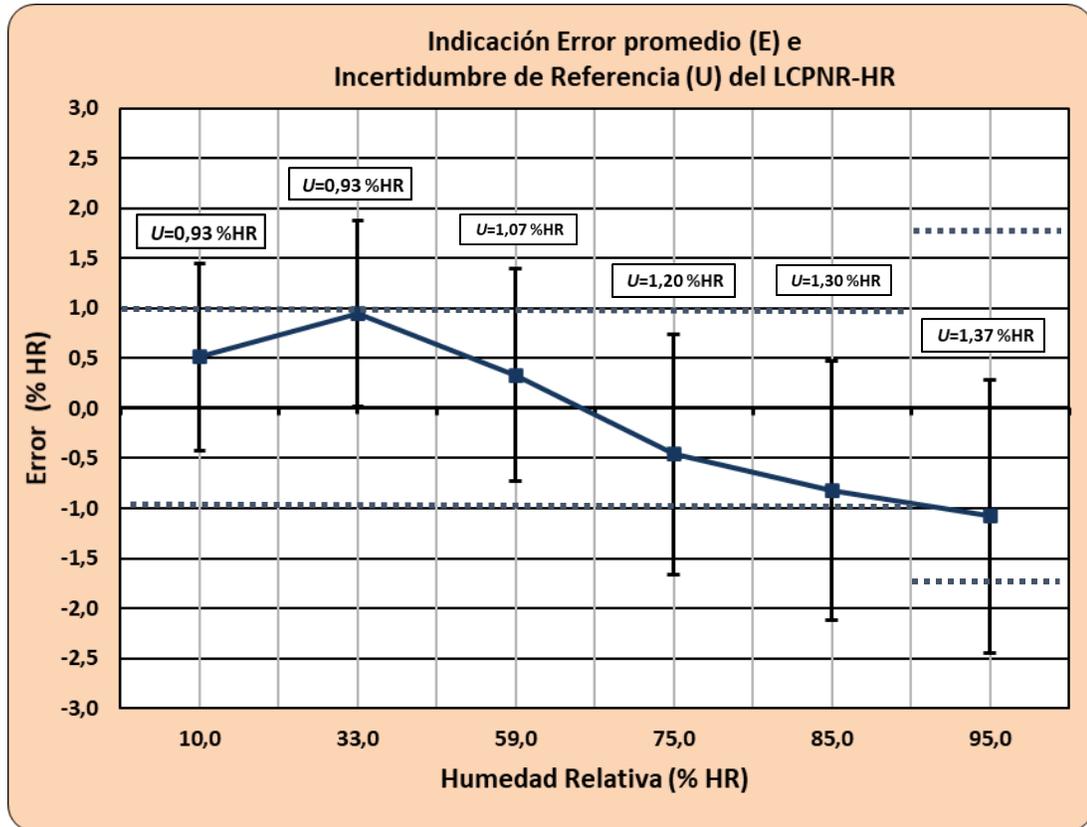


Gráfico 3. Error promedio, E , e incertidumbre del laboratorio de referencia, U ($k=2$, 95%), con consideración adicional por deriva del patrón viajero. (Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento).

Datos de las mediciones

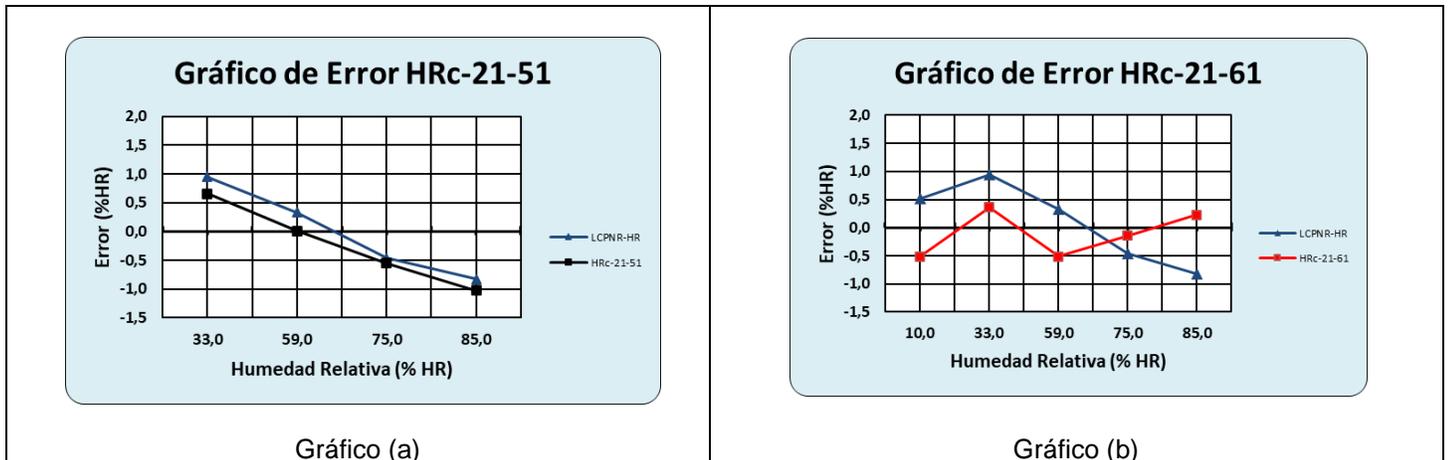
A continuación, se presentan los resultados de los laboratorios participantes:

Error Promedio de los participantes

Valor Nominal (%HR)	Datos Error Promedio Laboratorios (% HR)												
	Error Promedio LCPNR-HR	HRc-21-51	HRc-21-61	HRc-21-62	HRc-21-63	HRc-21-65	HRc-21-66	HRc-21-67	HRc-21-68	HRc-21-70	HRc-21-71	HRc-21-72	HRc-21-73
10,0	0,51	-----	-0,51	0,55	-----	-----	-----	-----	-----	-0,42	-----	0,73	-----
33,0	0,95	0,66	0,36	0,59	0,83	1,63	-----	0,48	0,45	0,72	-0,49	0,55	0,98
59,0	0,33	0,01	-0,51	0,53	0,68	1,61	0,59	0,23	-0,58	0,96	-1,57	-0,35	0,29
75,0	-0,46	-0,55	-0,14	0,38	0,55	1,46	-----	-0,85	-1,31	0,69	-2,74	-1,30	-0,42
85,0	-0,82	-1,02	0,23	0,04	0,40	1,00	-0,10	-----	-2,67	0,49	-1,35	-1,81	-0,69
95,0	-1,08	-----	-----	-0,30	-----	-----	-----	-----	-----	0,30	-----	-2,12	-----

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

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



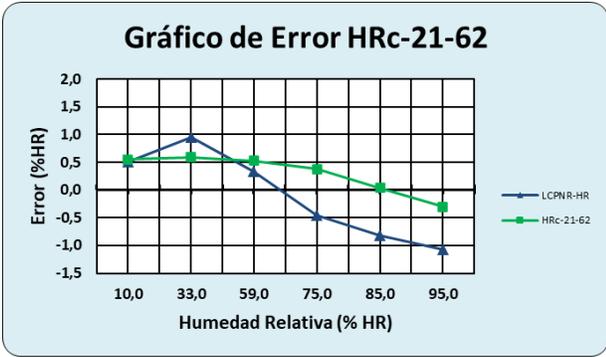


Gráfico (c)

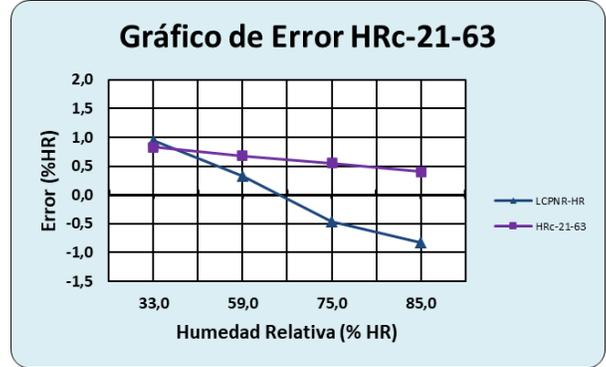


Gráfico (d)

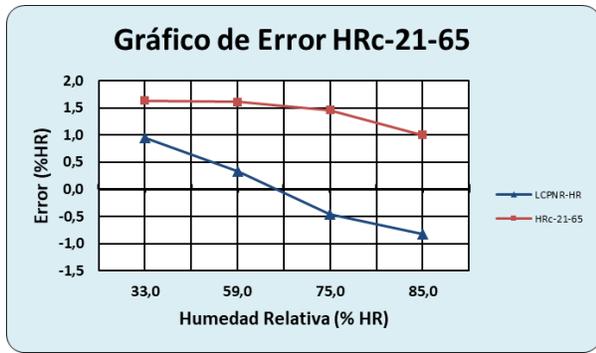


Gráfico (e)

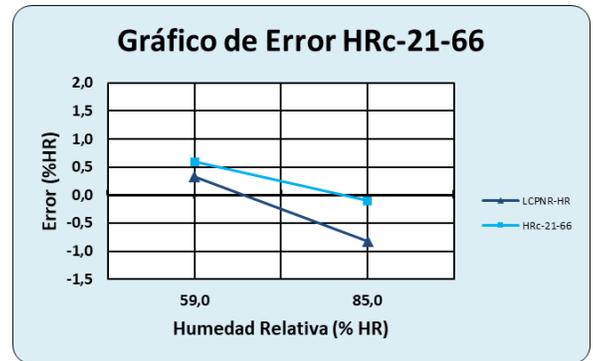


Gráfico (f)

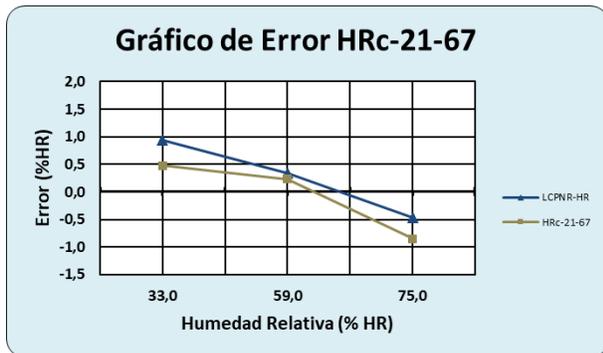


Gráfico (g)

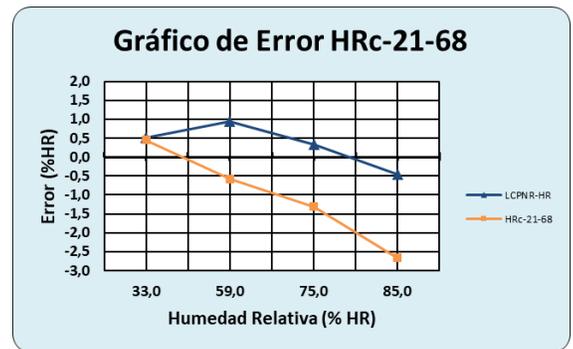


Gráfico (h)

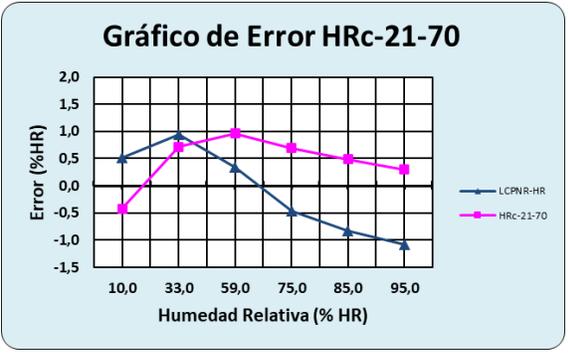


Gráfico (i)

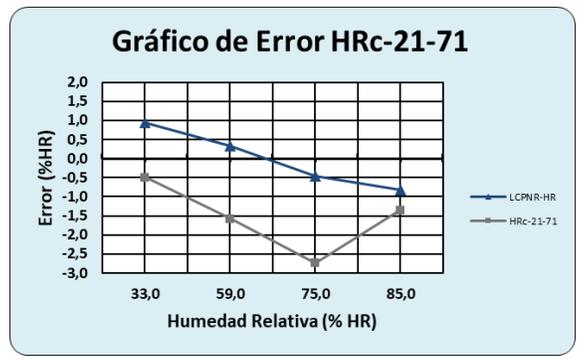


Gráfico (j)

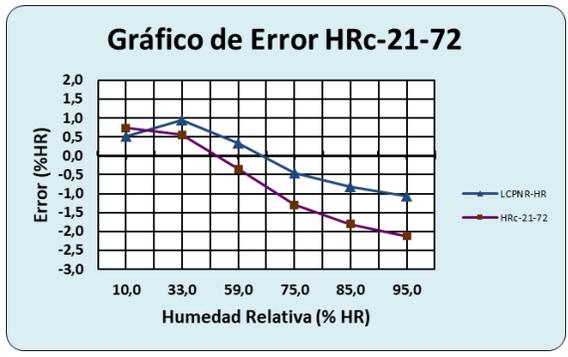


Gráfico (j)

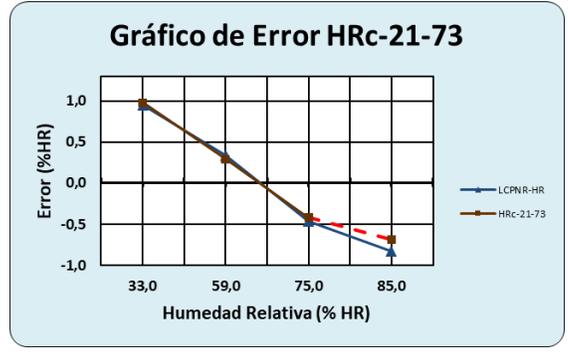


Gráfico (k)

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

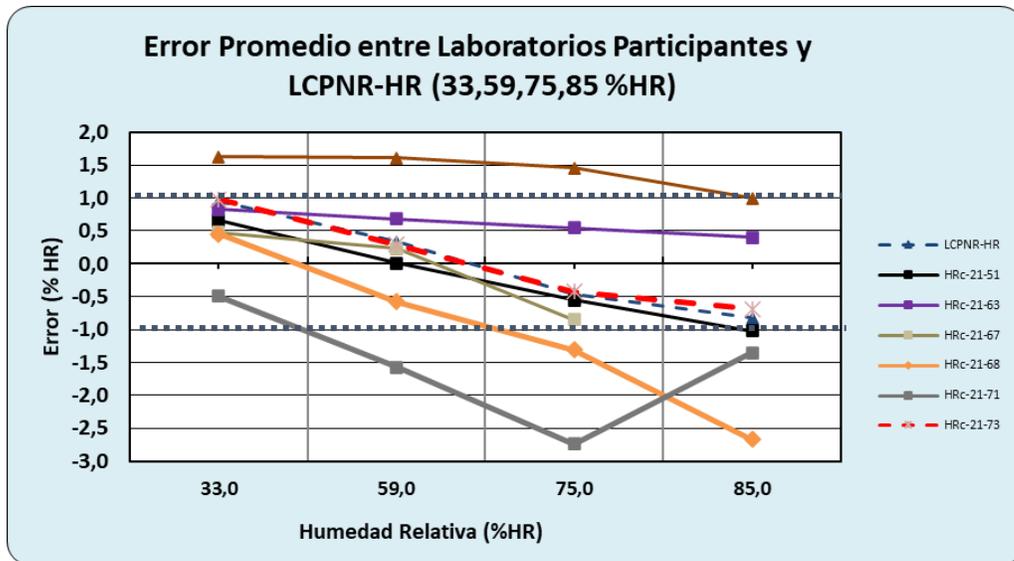


Gráfico 5 A. Error promedio de laboratorios participantes. (Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento).

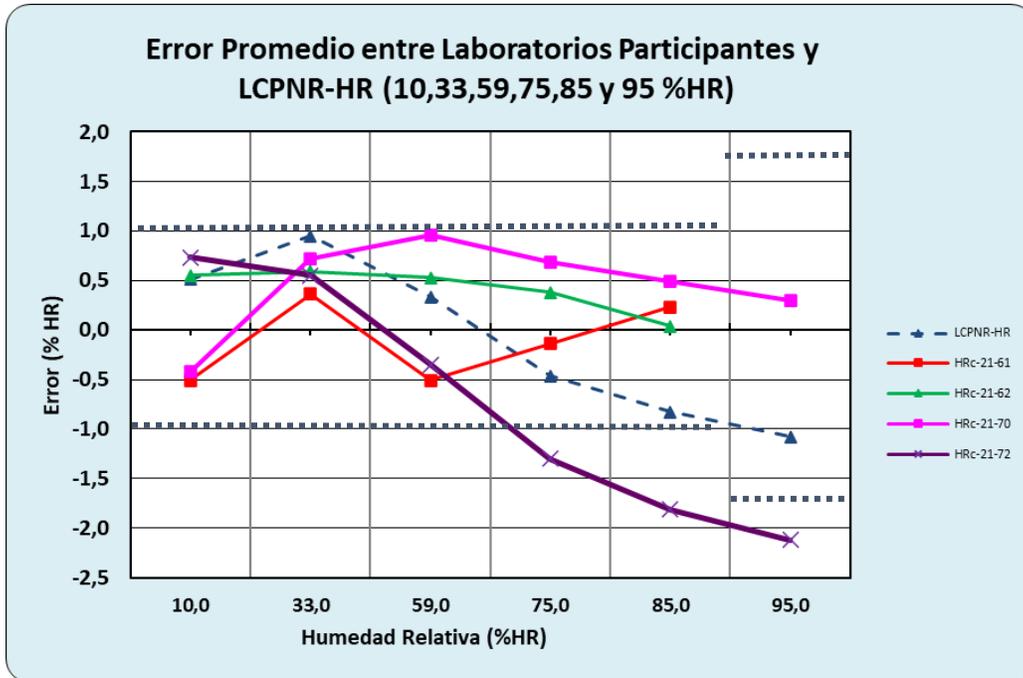


Gráfico 5 B. Error promedio de laboratorios participantes.

Incertidumbre de los participantes

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios													
%HR	LCPNR-HR (U_ref)	HRc-21-51	HRc-21-61	HRc-21-62	HRc-21-63	HRc-21-65	HRc-21-66	HRc-21-67	HRc-21-68	HRc-21-70	HRc-21-71	HRc-21-72	HRc-21-73
10,0	0,93	-----	0,6	2,84	-----	-----	-----	-----	-----	2,61	-----	0,85	-----
33,0	0,93	3,8	0,9	2,74	1,63	1,56	-----	1,73	5,00	2,65	1,9	1,15	1,88
59,0	1,07	2,8	1,6	2,79	1,89	2,32	2,51	1,54	5,00	2,84	1,9	1,37	2,31
75,0	1,20	3,8	1,8	2,85	2,15	2,46	-----	1,65	5,00	2,87	2,1	1,47	2,69
85,0	1,30	3,7	2,1	2,89	2,39	2,72	2,48	-----	5,00	2,85	2,1	1,58	2,83
95,0	1,37	-----	-----	3,08	-----	-----	-----	-----	-----	2,73	-----	1,69	-----

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.

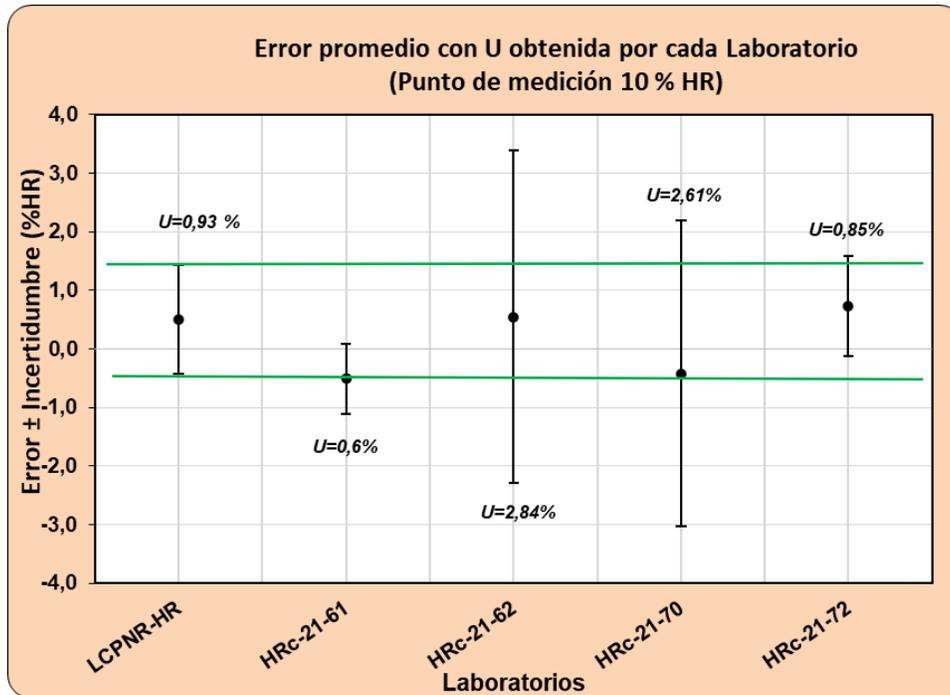


Gráfico 6. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (10 %HR).

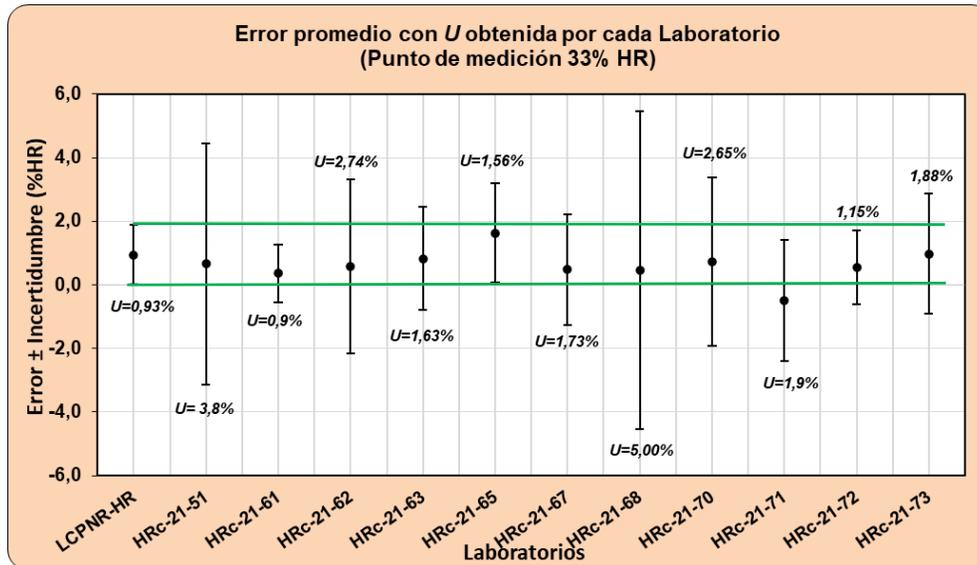


Gráfico 7. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (33 %HR).

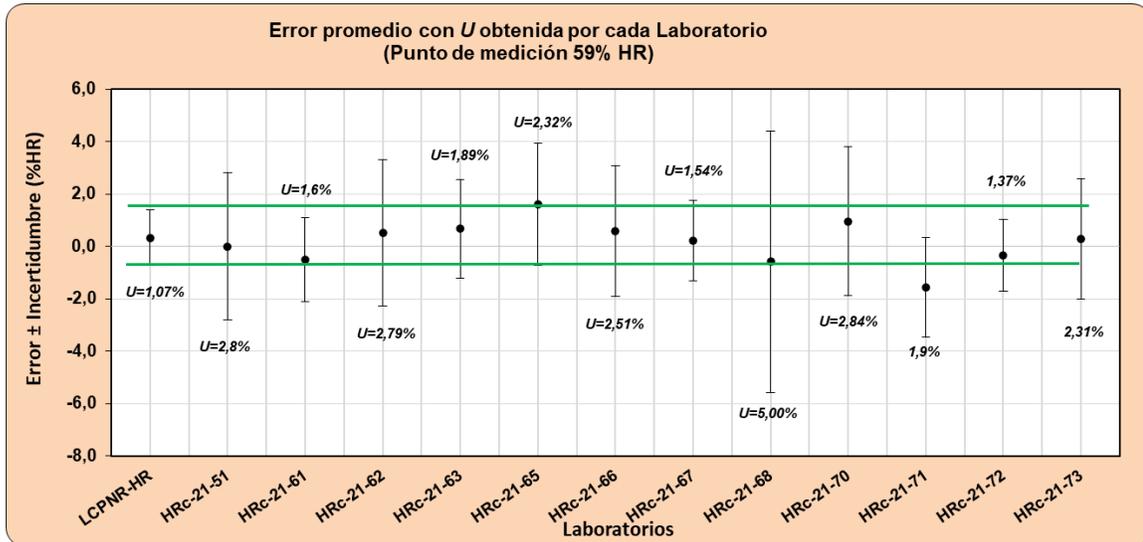


Gráfico 8. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (59 %HR).

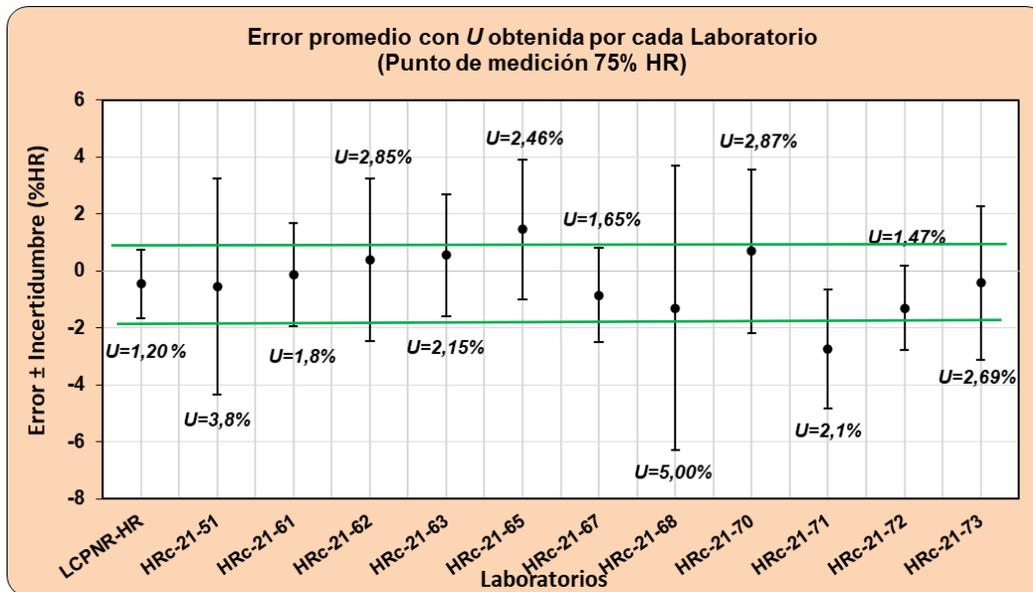


Gráfico 9. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (75 %HR).

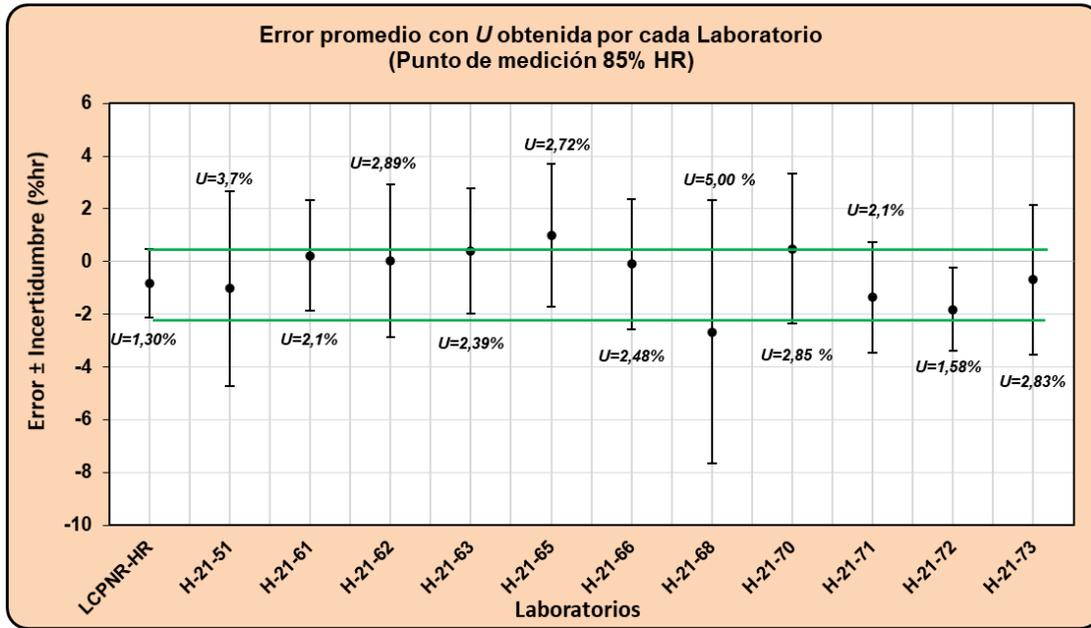


Gráfico 10. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (85 %HR).

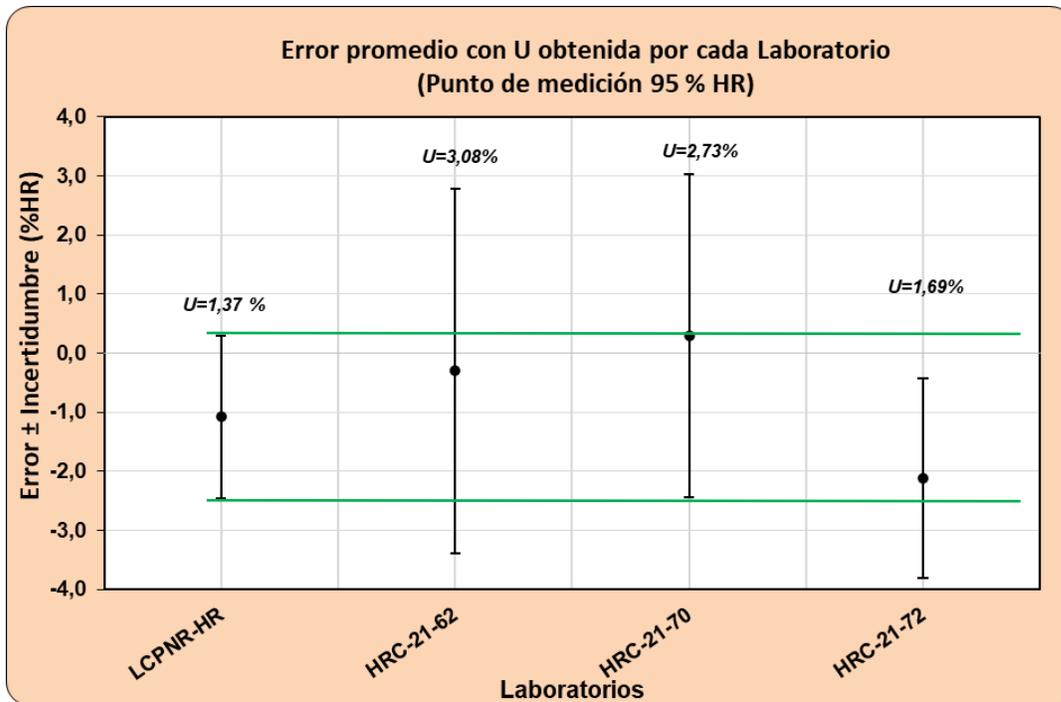


Gráfico 11. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (95 %HR).

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

Valor Nominal (%HR)	Datos Error Promedio Laboratorios (% HR)												
	Error Promedio LCPNR-HR	HRc-21-51	HRc-21-61	HRc-21-62	HRc-21-63	HRc-21-65	HRc-21-66	HRc-21-67	HRc-21-68	HRc-21-70	HRc-21-71	HRc-21-72	HRc-21-73
10,0	0,51	-----	-0,51	0,55	-----	-----	-----	-----	-----	-0,42	-----	0,73	-----
33,0	0,95	0,66	0,36	0,59	0,83	1,63	-----	0,48	0,45	0,72	-0,49	0,55	0,98
59,0	0,33	0,01	-0,51	0,53	0,68	1,61	0,59	0,23	-0,58	0,96	-1,57	-0,35	0,29
75,0	-0,46	-0,55	-0,14	0,38	0,55	1,46	-----	-0,85	-1,31	0,69	-2,74	-1,30	-0,42
85,0	-0,82	-1,02	0,23	0,04	0,40	1,00	-0,10	-----	-2,67	0,49	-1,35	-1,81	-0,69
95,0	-1,08	-----	-----	-0,30	-----	-----	-----	-----	-----	0,30	-----	-2,12	-----

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

Incertidumbre de los participantes

%HR	Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios												
	LCPNR-HR (U_ref)	HRc-21-51	HRc-21-61	HRc-21-62	HRc-21-63	HRc-21-65	HRc-21-66	HRc-21-67	HRc-21-68	HRc-21-70	HRc-21-71	HRc-21-72	HRc-21-73
10,0	0,93	-----	0,6	2,84	-----	-----	-----	-----	-----	2,61	-----	0,85	-----
33,0	0,93	3,8	0,9	2,74	1,63	1,56	-----	1,73	5,00	2,65	1,9	1,15	1,88
59,0	1,07	2,8	1,6	2,79	1,89	2,32	2,51	1,54	5,00	2,84	1,9	1,37	2,31
75,0	1,20	3,8	1,8	2,85	2,15	2,46	-----	1,65	5,00	2,87	2,1	1,47	2,69
85,0	1,30	3,7	2,1	2,89	2,39	2,72	2,48	-----	5,00	2,85	2,1	1,58	2,83
95,0	1,37	-----	-----	3,08	-----	-----	-----	-----	-----	2,73	-----	1,69	-----

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

Cálculo de Error Normalizado

Valor Nominal (%HR)	Calculo de Error Normalizado por Laboratorio.												
	HRc-21-51	HRc-21-61	HRc-21-62	HRc-21-63	HRc-21-65	HRc-21-66	HRc-21-67	HRc-21-68	HRc-21-70	HRc-21-71	HRc-21-72	HRc-21-73	
10,0	-----	0,92	0,01	-----	-----	-----	-----	-----	0,34	-----	0,17	-----	
33,0	0,07	0,45	0,12	0,06	0,38	-----	0,24	0,10	0,08	0,68	0,27	0,02	
59,0	0,11	0,44	0,07	0,16	0,50	0,09	0,06	0,18	0,21	0,87	0,39	0,02	
75,0	0,02	0,15	0,27	0,41	0,70	-----	0,19	0,17	0,37	0,94	0,44	0,01	
85,0	0,05	0,43	0,27	0,45	0,61	0,26	-----	0,36	0,42	0,21	0,48	0,04	
95,0	-----	-----	0,23	-----	-----	-----	-----	-----	0,45	-----	0,48	-----	

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.

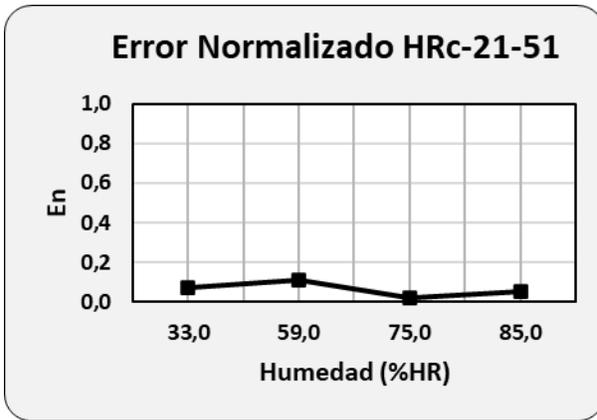


Gráfico (a)

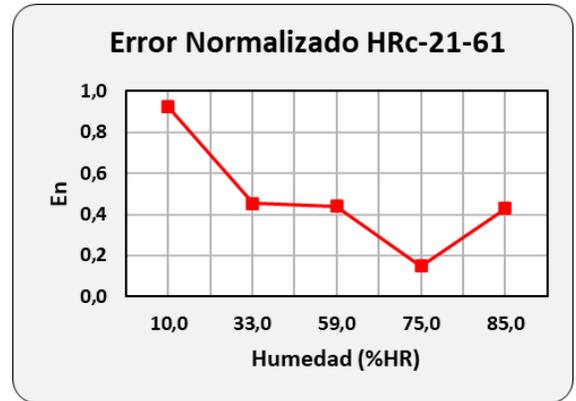


Gráfico (b)

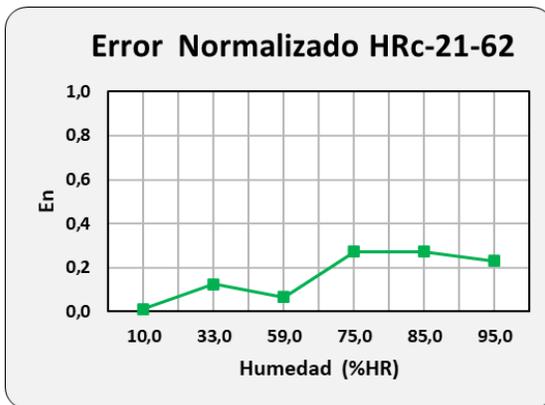


Gráfico (c)

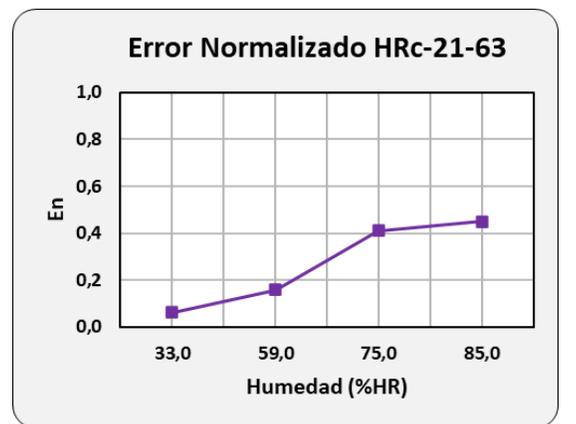


Gráfico (d)

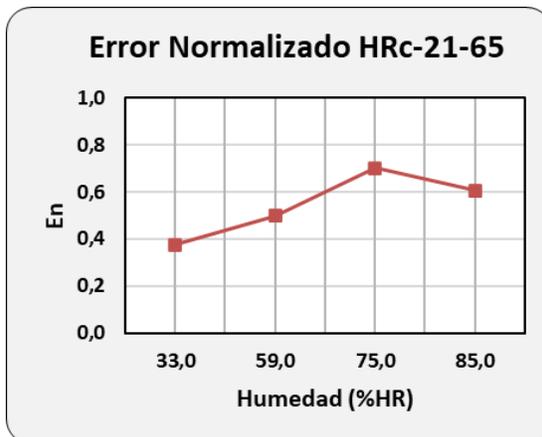


Gráfico (e)

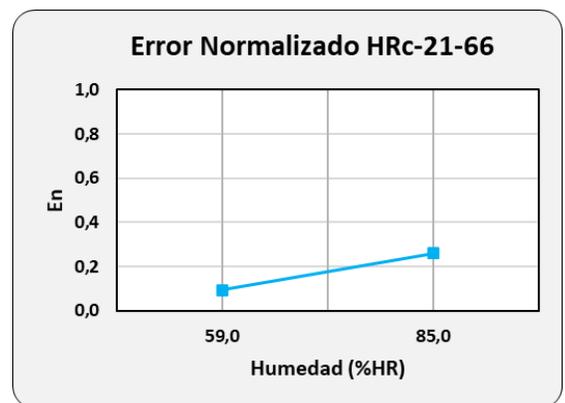


Gráfico (f)

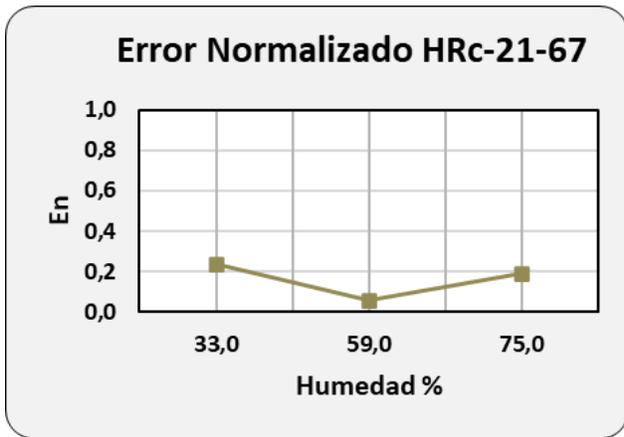


Gráfico (g)

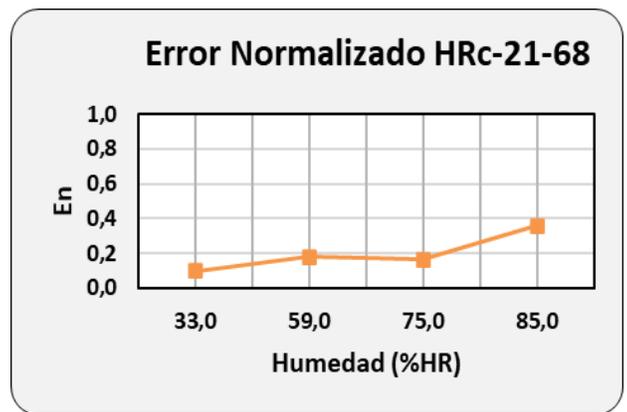


Gráfico (h)

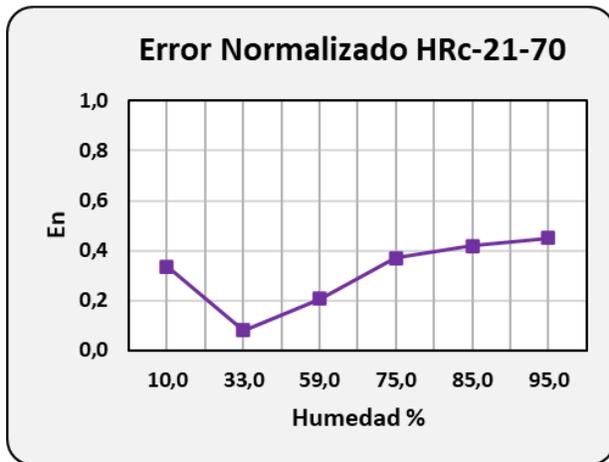


Gráfico (g)

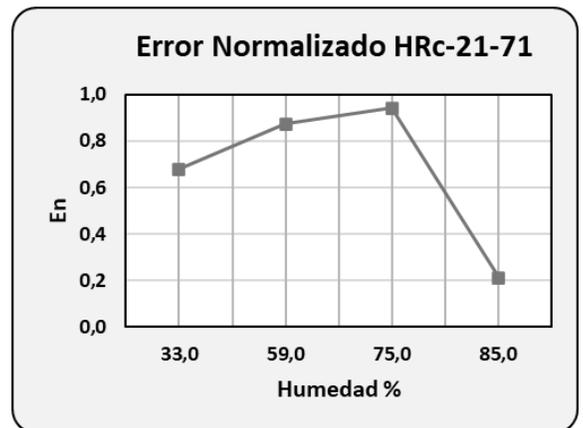


Gráfico (h)

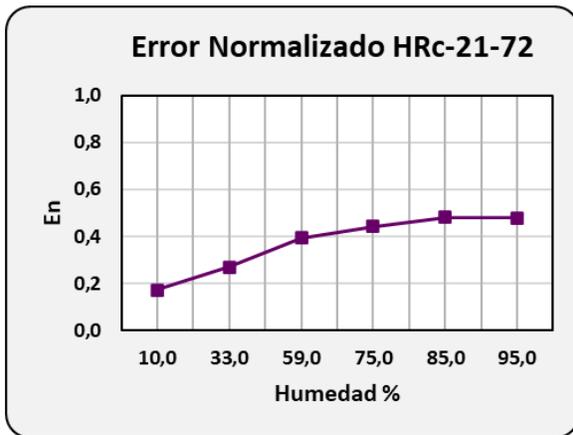


Gráfico (i)

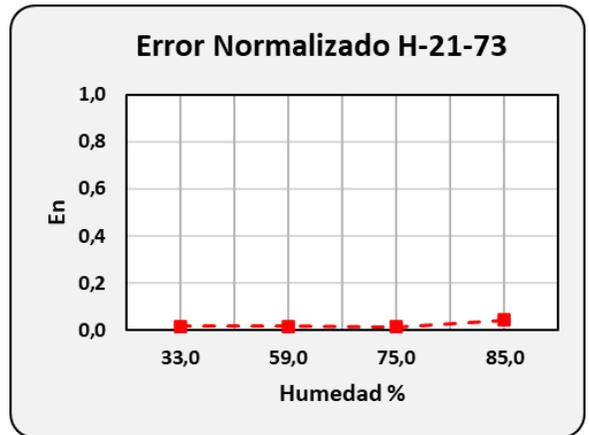


Gráfico (j)

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.

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2[HR_P] + u^2[\%HR_{IBC}] + u^2[\delta(\%HR)_{hist}] + u^2[\delta(\%HR)_{instb}] + u^2[\delta(\%HR)_{incho}] + u^2[\delta(\%HR_P)_{der}]} \quad (6)$$

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	[HR _P]	δ(%HR _P) _{der}	[%HR _{IBC}]		δ(%HR) _{hist}	δ(%HR) _{instb}	δ(%HR) _{incho}	U _{exp} [%HR]	MCM %HR
					REP	URES					
1	HRc-21-51	*	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	(2,8 a 3,8)	Sin dato
2	HRc-21-61	ok	ok	*	*	ok	*	*	*	(0,6 a 2,1)	Sin dato
3	HRc-21-62	ok	ok	*	*	ok	ok	*	*	(2,74 a 3,08)	Sin dato
4	HRc-21-63	ok	ok	*	ok	ok	ok	ok	ok	(1,63 a 2,39)	Sin dato
5	HRc-21-65	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	(1,56 a 2,72)	5,0 %HR
6	HRc-21-66	*	ok	*	ok	ok	ok	*	*	(2,48 a 2,51)	Sin dato
7	HRc-21-67	*	*	*	ok	ok	*	ok	ok	(1,54 a 1,73)	Sin dato
8	HRc-21-68	ok	ok	ok	ok		*	ok	ok	(5,0)	Sin dato
9	HRc-21-70	*	ok	*	ok	ok	*	*	*	(2,61 a 2,87)	Sin dato
10	HRc-21-71	*	ok	*	ok	ok	ok	ok	ok	(1,9 a 2,1)	Sin dato
11	HRc-21-72	ok	ok	ok	*	ok	*	*	ok	(0,85 a 1,69)	Sin dato
12	HRc-21-73	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok	ok	(1,88 a 2,83)	(2,0 a 3,0)

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, también que son variables con observaciones a mejorar.

Participante HRC-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.
- Presenta error en el cálculo de desviación en los siguientes puntos de calibración:
 - Informado: 0,66%HR. Debe ser: 0,65%HR. (33 %HR).
 - Informado: -1,02%HR. Debe ser: -1,01%HR. (85 %HR).
- 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 (%HR)	$u [\delta(HR)_{instb}]$ Informada	$u [\delta(HR)_{instb}]$ Correcta
33	1,000/1= 1,000	1,000/ $\sqrt{3}$ =0,577
59	0,850/1= 0,850	0,850/ $\sqrt{3}$ =0,491
75	1,400/1= 1,400	1,400/ $\sqrt{3}$ =0,808
85	1,200/1= 1,200	1,200/ $\sqrt{3}$ =0,693

INHOMOGENEIDAD

Punto de calibración (%HR)	$u [\delta(HR)_{incho}]$ Informada	$u [\delta(HR)_{incho}]$ Correcta
33	1,600/1= 1,000	1,600/ $\sqrt{3}$ =0,924
59	1,030/1= 1,030	1,030/ $\sqrt{3}$ =0,595
75	1,200/1= 1,200	1,200/ $\sqrt{3}$ =0,693
85	1,300/1= 1,300	1,300/ $\sqrt{3}$ =0,751

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coefficiente de Sensibilidad
Inestabilidad temporal de la cámara climática.	$u[\delta(HR)_{instb}]$	Esta considera la incertidumbre por inestabilidad de humedad dentro de la cámara climática. $ \delta(HR)_{instb} \leq \text{Max} \bar{h} - h_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 (%HR)	U [exp] Informada (%HR)	U [exp] Correcta (%HR)	% de U Sobrevalorado
33	3,8	2,3	65,2 %
59	2,8	1,8	55,6 %
75	3,8	2,4	58,3 %
85	3,7	2,3	65,2 %

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

Punto de calibración (%HR)	Error Normalizado (Con incertidumbre informada)	Error Normalizado (Con incertidumbre correcta)
33	0,07	0,12
59	0,11	0,16
75	0,02	0,03
85	0,05	0,07

Participante HRC-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 calculo de incertidumbre por repetibilidad con 5 mediciones cuando el protocolo indica una toma de 10 mediciones con intervalo de 1 minuto. (Aplica para 10%,33%,59%,75%,85%).

PROTOCOLO DE CALIBRACION					
Set Point	10 %HR @ 23 °C			Observaciones	
CONDICIONES AMBIENTALES					
T° Inicial	20	%HR Inicial		54	
T° Final	20	% HR Final		54	
Lectura Nº	Hora	LECTURA DEL PATRON Standard reading		LECTURA DEL IBC IBC reading	
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
1	12:05	23	13,74	23	13,18
2	12:15	23	13,74	23	13,19
3	12:21	23	13,74	23	13,18
4	12:36	23	13,74	23	13,20
5	12:45	23	13,74	23	13,20
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio		23	13,74		
Valor de Corrección		0	-0,03		
Promedio Corregido		23	13,71		

- 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.** Valores IBC de humedad relativa se adquieren de forma manual.

- El laboratorio presenta valores inconsistentes en el cálculo de incertidumbre de histéresis del patrón viajero con respecto a la toma de datos del protocolo:

PROTOCOLO DE CALIBRACION					
Set Point	33 %HR @ 23 °C				Observaciones
CONDICIONES AMBIENTALES					
Tº Inicial	20	%HR Inicial		54	
Tº Final	21	% HR Final		54	
Lectura Nº	Hora	LECTURA DEL PATRON Standard reading		LECTURA DEL IBC IBC reading	
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
1	14:43	23	34,86	23	35,44
2	14:55	23	34,14	23	34,73
3	13:06	23	35,18	23	35,72
4	13:15	23	34,84	23	35,40
5	13:24	23	33,91	23	34,46
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio		23	34,59		
Valor de Corrección		0	0,25		
Promedio Corregido		23	34,84		

PROTOCOLO DE CALIBRACION					
Set Point					Observaciones
CONDICIONES AMBIENTALES					
Tº Inicial		%HR Inicial			HISTERESIS
Tº Final		% HR Final			
Lectura Nº	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					

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	35,72
	valor descendente	35,56
	Valor de Histeresis	0,16
	Divisor	3,464
	u Histeresis	0,046

Valores no coinciden con protocolo.

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

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coefficiente de Sensibilidad
Histéresis del instrumento bajo calibración (IBC).	$u[\delta(HR)_{hist}]$	Incertidumbre por histéresis, se obtiene de exponer el higrómetro a su punto más bajo de operación, luego a su punto más alto y finalmente regresarlo a su condición inicial. $\delta(HR)_{hist} = (HR_{asc} - HR_{desc})$	Rectangular	$\sqrt{12}$	1

- 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 (%HR)	$u [\delta(HR_{inestb})]$ Informada	$u [\delta(HR_{inestb})]$ Correcta
10	$0,231/\sqrt{12}=0,066$	$0,231/\sqrt{3}=0,1332$
33	$0,512/\sqrt{12}=0,1478$	$0,512/\sqrt{3}=0,2956$
59	$0,836/\sqrt{12}=0,2414$	$0,836/\sqrt{3}=0,4828$
75	$0,907/\sqrt{12}=0,2617$	$0,907/\sqrt{3}=0,5234$
85	$0,944/\sqrt{12}=0,2726$	$0,944/\sqrt{3}=0,5452$

INHOMOGENEIDAD

Punto de calibración (%HR)	$u [\delta(HR_{inho})]$ Informada	$u [\delta(HR_{inho})]$ Correcta
10	$0,169/\sqrt{12}=0,048$	$0,169/\sqrt{3}=0,098$
33	$0,306/\sqrt{12}=0,088$	$0,306/\sqrt{3}=0,1768$
59	$0,478/\sqrt{12}=0,1379$	$0,478/\sqrt{3}=0,2758$
75	$0,819/\sqrt{12}=0,2365$	$0,819/\sqrt{3}=0,473$
85	$1,215/\sqrt{12}=0,3506$	$1,215/\sqrt{3}=0,7012$

La forma de evaluar la incertidumbre por inestabilidad e inhomogeneidad de describió en página 25 del presente informe.

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

Punto de calibración (%HR)	$u [\delta(HR_p)_{der}]$ Informada	$u [\delta(HR_p)_{der}]$ Correcta
10	$0,259/\sqrt{12}= 0,075$	$0,259/\sqrt{3}= 0,149$
33	$0,614/\sqrt{12}= 0,177$	$0,614/\sqrt{3}= 0,354$
59	$1,039/\sqrt{12}= 0,299$	$1,039/\sqrt{3}= 0,599$
75	$1,325/\sqrt{12}= 0,382$	$1,325/\sqrt{3}= 0,765$
85	$1,483/\sqrt{12}= 0,428$	$1,483/\sqrt{3}= 0,856$

Participante HRC-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 el mismo valor de deriva que la incertidumbre de su patrón en cada punto de medición para este ensayo. Se recomienda evaluar estos valores.

Punto de calibración (%HR)	u [patrón] Informada (%HR)	u [deriva] Informada (%HR)
10	0,6	0,6
33	0,6	0,6
59	0,7	0,7
75	0,8	0,8
85	0,85	0,85
95	0,9	0,9

- El laboratorio presenta el error en la evaluación de incertidumbre por repetibilidad de acuerdo al siguiente cuadro:

Punto de calibración (%HR)	u [repetibilidad] Informada (%HR)	u [repetibilidad] Correcta
10	$0,007/10=0,001$	$0,007/\sqrt{10}=0,0022$
33	$0,0141/10=0,0014$	$0,0141/\sqrt{10}=0,0045$
59	$0,01873/10=0,00187$	$0,01873/\sqrt{10}=0,0059$
75	$0,01686/10=0,00169$	$0,01686/\sqrt{10}=0,0053$
85	$0,01595/10=0,00160$	$0,01595/\sqrt{10}=0,0050$
95	$0,01135/10=0,00113$	$0,01135/\sqrt{10}=0,0036$

- El laboratorio presenta valores en general similares para los componentes de incertidumbre de inestabilidad y de inhomogeneidad de acuerdo a las siguientes tablas:

Punto de calibración (%HR)	u [$\delta(HR_{inestb})$] Informada	u [$\delta(HR_{inho})$] Informada
10	0,219	1,328
33	0,219	1,270
59	0,219	1,270
75	0,219	1,270
85	0,219	1,270
95	0,537	1,270

La forma de evaluar la incertidumbre por inestabilidad e inhomogeneidad de describió en página 25 del presente informe.

Participante HRC-21-63

- El laboratorio presenta el mismo valor de incertidumbre por deriva en todos los puntos de calibración. Se recomienda evaluar estos valores.

Punto de calibración (%HR)	<i>u</i> [deriva] Informada (%HR)
33	0,577
59	0,577
75	0,577
85	0,577

Participante HRC-21-65

- Sin Observaciones.

Participante HRC-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.
- Presenta error en el cálculo de desviación en los siguientes puntos de calibración: Informado: 0,59%HR. Debe ser: 0,60%HR. (59 %HR).
- El laboratorio no es evaluado en el punto de calibración de 33 % HR debido a que en su reporte final de mediciones calibró el patrón viajero en 23 %HR. Esto presenta una diferencia de 10 %HR con respecto al punto de calibración acordado.
- El laboratorio presenta el mismo valor de incertidumbre por deriva en todos los puntos de calibración. Se recomienda evaluar estos valores.

Punto de calibración (%HR)	<i>u</i> [deriva] Informada (%HR)
59	0,531
85	0,531

- 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 (%HR)	$u [\delta(HR_{inestb})]$ Informada	$u [\delta(HR_{inestb})]$ Correcta
59	$0,300/\sqrt{12}=0,09$	$0,300/\sqrt{3}=0,173$
85	$0,300/\sqrt{12}=0,09$	$0,300/\sqrt{3}=0,173$

INHOMOGENEIDAD

Punto de calibración (%HR)	$u [\delta(HR_{inho})]$ Informada	$u [\delta(HR_{inho})]$ Correcta
59	$3,300/\sqrt{12}=0,95$	$3,300/\sqrt{3}=1,905$
85	$3,300/\sqrt{12}=0,95$	$3,300/\sqrt{3}=1,905$

La forma de evaluar la incertidumbre por inestabilidad e inhomogeneidad de describió en página 25 del presente informe.

Participante HRC-21-67

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

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	

Nota: los cuadros en blanco fueron omitidos de este informe de manera intencional.

- Presenta error en el cálculo de desviación en los siguientes puntos de calibración:
 Informado: 0,48 %HR. Debe ser: 0,51 %HR. (33 %HR).
 Informado: 0,23 %HR. Debe ser: 0,26 %HR. (59 %HR).
 Informado: -0,85 %HR. Debe ser: -0,82 %HR. (75 %HR).

- 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 (%HR)	u [patrón] Informada	u [patrón] Correcta
33	0,6/1=0,6	0,6/2=0,3
59	0,6/1=0,6	0,6/2=0,3
75	0,6/1=0,6	0,6/2=0,3

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

Punto de calibración (%HR)	U [exp] Informada (%HR)	U [exp] Correcta (%HR)	% de U Sobrevalorado
33	1,73	1,39	24,5
59	1,54	1,14	35,1
75	1,65	1,28	28,9

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

Punto de calibración (%HR)	Error Normalizado (Con incertidumbre informada)	Error Normalizado (Con incertidumbre correcta)
33	0,24	0,28
59	0,06	0,07
75	0,19	0,22

Se puede observar que la variación no influye de manera significativa en el resultado por tanto el laboratorio participante fue evaluado en el ensayo e incluido en el informe final.

- El laboratorio presenta el mismo valor de incertidumbre por deriva en todos los puntos de calibración. Se recomienda evaluar estos valores.

Punto de calibración (%HR)	u [deriva] Informada (%HR)
33	0,143
59	0,143
75	0,143

- El laboratorio presenta error en la evaluación de incertidumbre por histéresis debido a que realizó la histéresis de su patrón de calibración en lugar del patrón viajero.

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	33,330
	valor descendente	33,000
	Valor de Histeresis	0,330
	Divisor	3,464
	u Histeresis	0,095

La forma de evaluar la histéresis del IBC se describe en la página 27 del presente informe.

Participante HRC-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 (%HR)	<i>u</i> [Resolución] Informada	<i>u</i> [Resolución] Correcta
33	$0,1/\sqrt{12}=0,029$	$0,01/\sqrt{12}=0,0029$
59	$0,1/\sqrt{12}=0,029$	$0,01/\sqrt{12}=0,0029$
75	$0,1/\sqrt{12}=0,029$	$0,01/\sqrt{12}=0,0029$
85	$0,1/\sqrt{12}=0,029$	$0,01/\sqrt{12}=0,0029$

- El laboratorio presenta error en la evaluación de incertidumbre por histéresis debido a que realizó la diferencia tanto en valor ascendente como descendente entre el patrón de calibración y el patrón viajero.

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	0,3	 (Lectura patron -Lectura IBC) (33,295-32,996=0,299 % HR)
	valor descendente	-0,8	
	Valor de Histeresis	1,133	 (Lectura patron -Lectura IBC) (32,393-33,227=-0,83 % HR)
	Divisor	3,464	
	u Histeresis	0,107	

En el caso del laboratorio participante debió ser:

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	33,30
	valor descendente	32,39
	Valor de Histeresis	0,902
	Divisor	3,464
	u Histeresis	0,260

La forma de evaluar la histéresis del IBC se describe en la página 27 del presente informe.

- El laboratorio presenta en el respaldo de resultados de sus mediciones un valor de incertidumbre final distinto al calculado en su respaldo de resultados de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (%HR)	$U_{[exp]}$ Informada (%HR)	$U_{[exp]}$ Calculada por el participante (%HR)
33	5,00	4,59
59	5,00	3,07
75	5,00	2,64
85	5,00	3,80

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

Punto de calibración (%HR)	Error Normalizado (Con incertidumbre informada)	Error Normalizado (Con incertidumbre calculada)
33	0,10	0,11
59	0,18	0,28
75	0,17	0,29
85	0,36	0,46

Se puede observar que la variación no influye de manera significativa en el resultado por tanto el laboratorio participante fue evaluado en el ensayo e incluido en el informe final.

Participante HRC-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.
- Presenta error en el cálculo de desviación en el siguiente punto de calibración:
Informado: 0,96 %HR. Debe ser: 0,95 %HR. (59 %HR).
- El laboratorio presenta el mismo valor de incertidumbre por deriva en todos los puntos de calibración. Se recomienda evaluar estos valores.

Punto de calibración (%HR)	<i>u</i> [deriva] Informada (%HR)
10	0,2330
33	0,2330
59	0,2330
75	0,2330
85	0,2330
95	0,2330

- El laboratorio presenta error en la evaluación de incertidumbre por histéresis debido a que realizó la diferencia tanto en valor ascendente como descendente entre el patrón de calibración y el patrón viajero.

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	-0,42	(Lectura patron -Lectura IBC) (10,099-10,52= -0,42 % HR)
	valor descendente	1,4	
	Valor de Histeresis	1,8	(Lectura patron -Lectura IBC) (12,668-11,2864= 1,4 % HR)
	Divisor	3,464	
	u Histeresis	0,520	

En el caso del laboratorio participante debió ser:

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	10,10
	valor descendente	12,67
	Valor de Histeresis	2,569
	Divisor	3,464
	u Histeresis	0,742

La forma de evaluar la histéresis del IBC se describe en la página 27 del presente

informe.

- El laboratorio presenta valores similares para los componentes de incertidumbre de inestabilidad y de inhomogeneidad de acuerdo a las siguientes tablas:

Punto de calibración (%HR)	u [$\delta(HR_{inestb})$ Informada]	u [$\delta(HR_{inho})$ Informada]
10	0,780	0,733
33	0,780	0,733
59	0,780	0,733
75	0,780	0,733
85	0,780	0,733
95	0,780	0,733

La forma de evaluar la incertidumbre por inestabilidad e inhomogeneidad de describió en página 25 del presente informe.

Participante HRC-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.
- Presenta error en el cálculo de desviación en el siguiente punto de calibración:
Informado: -1,57 %HR. Debe ser: -1,58 %HR. (59 %HR).
- El laboratorio presenta el mismo valor de incertidumbre por deriva en todos los puntos de calibración. Se recomienda evaluar estos valores.

Punto de calibración (%HR)	u [deriva] Informada (%HR)
33	0,707
59	0,707
75	0,707
85	0,707

Participante HRC-21-72

- El laboratorio no incluye en el cuadro “Especificaciones técnicas y trazabilidad de los instrumentos” lo siguiente:

Instrumento para medir las condiciones ambientales del laboratorio.

- El laboratorio presenta el mismo valor de incertidumbre por repetibilidad en todos los puntos de calibración, en circunstancias de que en su respaldo de resultados el valor de estabilidad de su medio de generación en todos los puntos es de 0,1%HR. El valor es diferente en cada punto de calibración en inhomogeneidad espacial.

Esto se puede ver en la siguiente tabla:

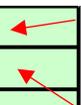
Punto de calibración (%HR)	Valor de estabilidad indicada (%HR)	Valor de inhomogeneidad indicada (%HR)	<i>u</i> [repetibilidad] Informada (%HR)
10	0,1	0,6	0,000
33	0,1	0,9	0,000
59	0,1	1,1	0,000
75	0,1	1,2	0,000
85	0,1	1,3	0,000
95	0,1	1,4	0,000

- Se recomienda evaluar la estabilidad y la repetibilidad de los valores.
- El laboratorio evalúa la incertidumbre por histéresis del instrumento bajo calibración (IBC) en 59 %HR.
Se recomienda seguir el protocolo del ensayo de aptitud o realizar las consultas pertinentes al laboratorio piloto en caso de tener dificultad en evaluar esta componente.

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	58,28
	valor descendente	59,09
	Valor de Histeresis	0,81
	Divisor	3,464
	u Histeresis	0,2338

Participante HRC-21-73

- El laboratorio presenta error en la evaluación de incertidumbre por histéresis debido a que realizó la diferencia tanto en valor ascendente como descendente entre el patrón de calibración y el patrón viajero.

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	0,606	 (Lectura patron -Lectura IBC) (15,95-15,35= 0,606 % HR)
	valor descendente	0,212	
	Valor de Histeresis	0,394	 (Lectura patron -Lectura IBC) (15,16-14,94= 0,212% HR)
	Divisor	3,464	
	u Histeresis	0,114	

En el caso del laboratorio participante debió ser:

Calculo de Incertidumbre por Histeresis	Valor ascendente	15,95
	valor descendente	15,16
	Valor de Histeresis	0,790
	Divisor	3,464
	u Histeresis	0,228

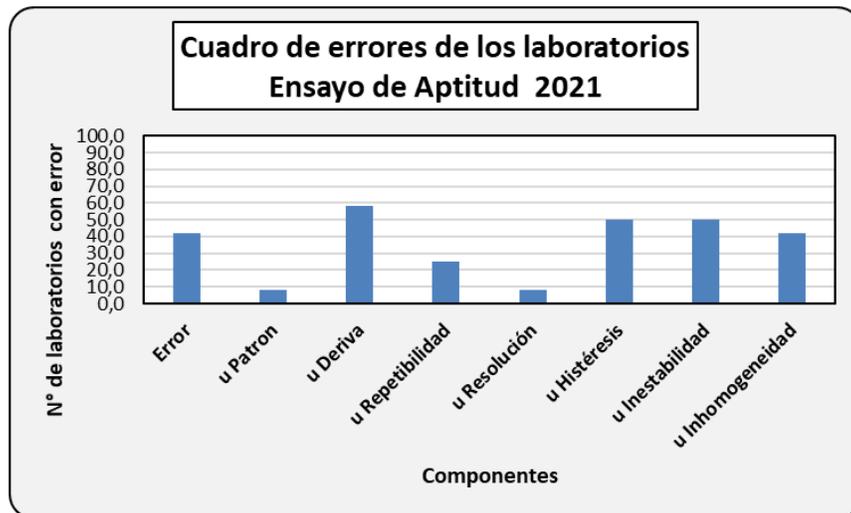
La forma de evaluar la histéresis del IBC se describe en la página 27 del presente informe.

CONCLUSIONES RONDA Hrc-21

- De los resultados obtenidos por los laboratorios participantes en este ejercicio de acuerdo al criterio de cálculo de Error normalizado “**Ronda Hrc-21**” 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 visualizar lo siguiente:

Variables	Número de laboratorios con problemas de evaluación	% representado
Error	5	42
Incertidumbre del patrón	1	8
Incertidumbre por deriva	7	58
Incertidumbre por repetibilidad	3	25
Incertidumbre por resolución	1	8
Incertidumbre por histéresis	6	50
Incertidumbre por inestabilidad	6	50
Incertidumbre por inhomogeneidad	5	42



AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 12 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