



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

COMPARACIÓN NACIONAL

HRs-20
(Participantes con sales higroscópicas)

CALIBRACIÓN DE UN TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL

Rango de medición: 33 %HR a 85 %HR

Medio de Generación: Sales higroscópicas.

Agosto 2020 – Noviembre 2020

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.º 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 Perteneciente a la Red Nacional de Metrología realizan el Ensayo de Aptitud 2020. 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 inicio del ensayo H-20. La comparación se llevó a cabo desde agosto de 2020 a noviembre de 2020. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un termohigrómetro digital, el alcance de medición es de 5 %HR a 95 %HR., clase de exactitud del $\pm 3,0$ %HR y una resolución de 0,1 %HR. El instrumento fue facilitado por el LCPNR-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 2020 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 humedad relativa entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia en las mediciones de humedad entre los laboratorios participantes y el laboratorio piloto LCPNR-HR de ENAER, incluyendo un estudio en la desviación de la medición e incertidumbre asociada.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Los participantes para este ensayo de aptitud 2020 son descritos en la tabla 1.

Empresa	Contacto	Información
SMI	Romina Gaete	rgaete@smilab.cl
CERTLAB	Aliro Ramirez Fenelon	Aliro.ramirezf@gmail.com
WSS	Cristian Rivera	criveram@wss.cl
USACH -CIDE	Roberto Figueroa	roberto.figueroa@usach.cl
LCPNR-HR (ENAER)	Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl

Tabla 1. Empresas participantes.

Fechas para realizar las mediciones.

El equipo circuló de acuerdo con el siguiente cronograma:

Laboratorio	Empresa	Fecha Tentativa
1	LCPNR-HR (ENAER)	31/08/2020 – 08/09/2020
2	SMI	14/09/2020 – 25/09/2020
3	CERTLAB	28/09/2020 – 02/10/2020
1	LCPNR-HR (ENAER)	05/10/2020 – 09/10/2020
4	WSS	12/10/2020 – 16/10/2020
5	USACH -CIDE	19/10/2020 – 29/10/2020
1	LCPNR-HR (ENAER)	02/11/2020 – 06/11/2020

Tabla 2. Fechas de realización de la comparación

Esquema del desarrollo de la Comparación

El siguiente esquema explica el desarrollo de la actividad:

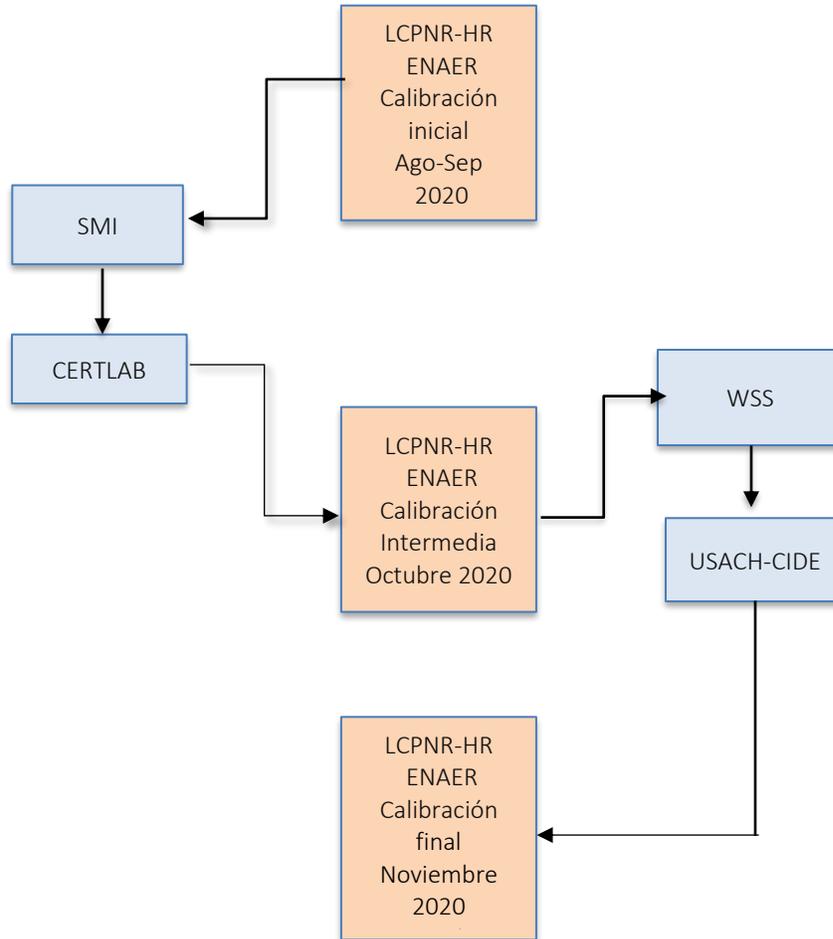


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPNR-HR de ENAER el 04 de diciembre de 2020. El 18 de enero de 2021 el LCPNR-HR de ENAER emite un informe que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes y se hace llegar este informe al INN (INFORME A).

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	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución
AZ	Indicador: 8711 Sensor: -----	$\pm 3,0$ %HR	20 %HR a 90 %HR	0,1 %HR
		± 1 °C	-20 °C a 50 °C	0,1 °C

Tabla 3. Patrón Viajero de comparación



Figura 2. Patrón viajero usado en la comparación H-20 para participantes con sales higroscópicas

Puntos de calibración

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

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

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional (Julio 2020).

Patrón Nacional

Como patrón de referencia el LCPNR-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 0,8

Tabla 4. Características del patrón de referencia utilizado por el laboratorio piloto.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El patrón viajero fue calibrado por el LCPNR-HR de ENAER en 3 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla 2. Para las tres calibraciones se realizó el mismo procedimiento.

La siguiente fotografía muestra el montaje para la calibración:



Figura 3. Montaje para la calibración del patrón viajero.

El LCPNR-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				Calibración Intermedia				Calibración Final			
	RH Patrón	RH (AZ 8711)	E ₁	U ₁	RH Patrón	RH (AZ 8711)	E ₂	U ₂	RH Patrón	RH (AZ 8711)	E ₃	U ₃
23	33,0	31,2	-1,8	0,5	33,0	30,7	-2,3	0,5	33,0	30,8	-2,2	0,5
	59,0	57,4	-1,6	0,7	59,0	58,4	-0,6	0,8	59,0	58,5	-0,5	0,8
	75,0	74,6	-0,4	0,9	75,1	76,1	1,0	1,0	75,0	76,1	1,1	0,9
	85,0	89,0	4,0	1,1	85,0	90,0	5,0	1,1	84,9	89,7	4,8	1,1

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

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

En el siguiente gráfico se presenta el error de medición encontrado por el Laboratorio Piloto para el patrón viajero a partir de las 03 mediciones realizadas a lo largo de la comparación.

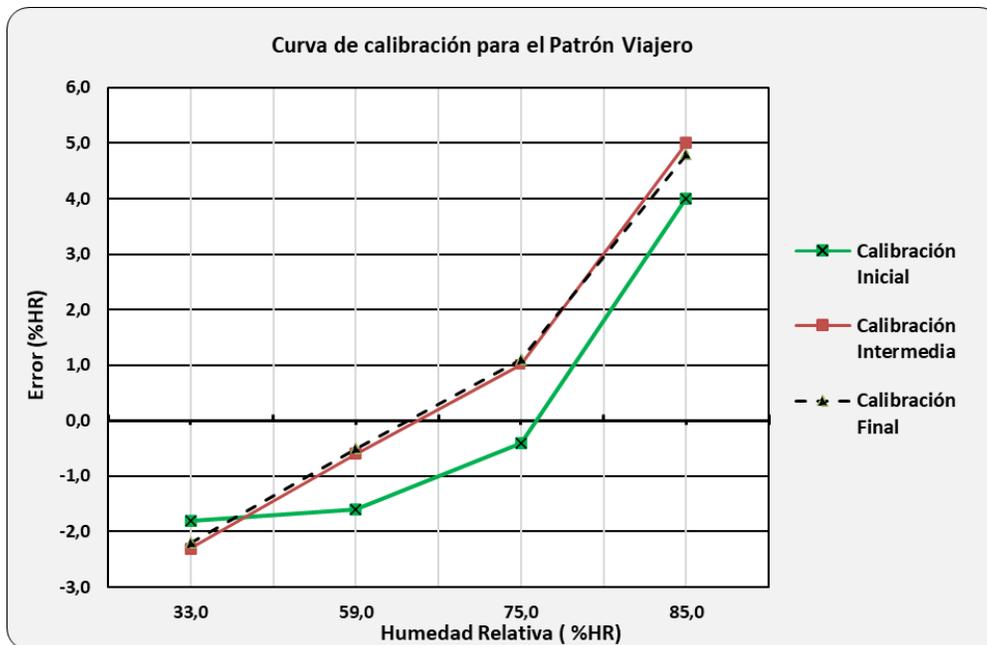


Gráfico 1. Error de medición encontrado para el patrón viajero en las calibraciones realizadas por el LCPNR-HR de ENAER

Error promedio e incertidumbre expandida del Laboratorio Piloto

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

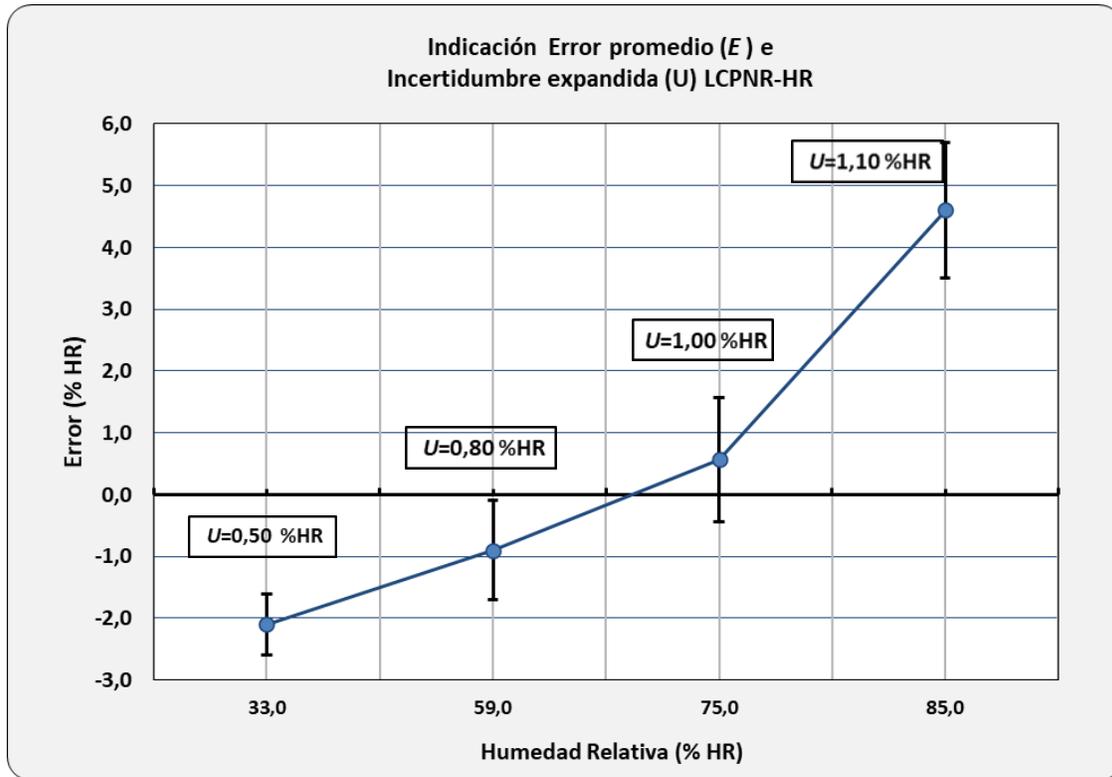


Gráfico 2. Error promedio, E , e incertidumbre expandida, U ($k=2$, 95%) obtenida por el LCPNR-HR ENAER.

a) Estudio de deriva (Drift) del patrón viajero

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

Tabla 6. Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.

<i>RH</i> <i>Nominal</i>	<i>Patrón Viajero (AZ 8711)</i>					
	E_1	E_2	d_{1-2}	E_2	E_3	d_{2-3}
33	-1,80	-2,30	0,50	-2,30	-2,2	-0,10
59	-1,60	-0,60	1,00	-0,60	-0,5	-0,10
75	-0,40	1,00	1,40	1,00	1,1	-0,10
85	4,00	5,00	1,00	5,00	4,8	0,20

minima deriva	0,10
maxima deriva	1,40

Nota: E_1 = Error encontrado en la calibración inicial (septiembre 2020)
 E_2 = Error encontrado en la calibración intermedia (octubre 2020)
 E_3 = Error encontrado en la calibración final (noviembre 2020)

Se encuentra como deriva máxima de 1,40 % HR. (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 (1,4 %HR) y será evaluada como una distribución rectangular, de esta forma la contribución por deriva del patrón será:

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

Valor de referencia e Incertidumbre de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para esta comparación, el error de referencia asociado al laboratorio piloto corresponderá al promedio de los errores de medición encontrados durante las calibraciones realizadas, mientras que para el valor de incertidumbre de referencia se considerará el máximo valor calculado en las calibraciones

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

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

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 Patron viajero % HR	Incertidumbre por deriva patron % HR	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				
33,0	0,50	0,50	0,50	0,50	1,40	0,81	1,69
59,0	0,70	0,80	0,80	0,80	1,40	0,81	1,80
75,0	0,90	1,00	0,90	1,00	1,40	0,81	1,90
85,0	1,10	1,10	1,10	1,10	1,40	0,81	1,96

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

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.

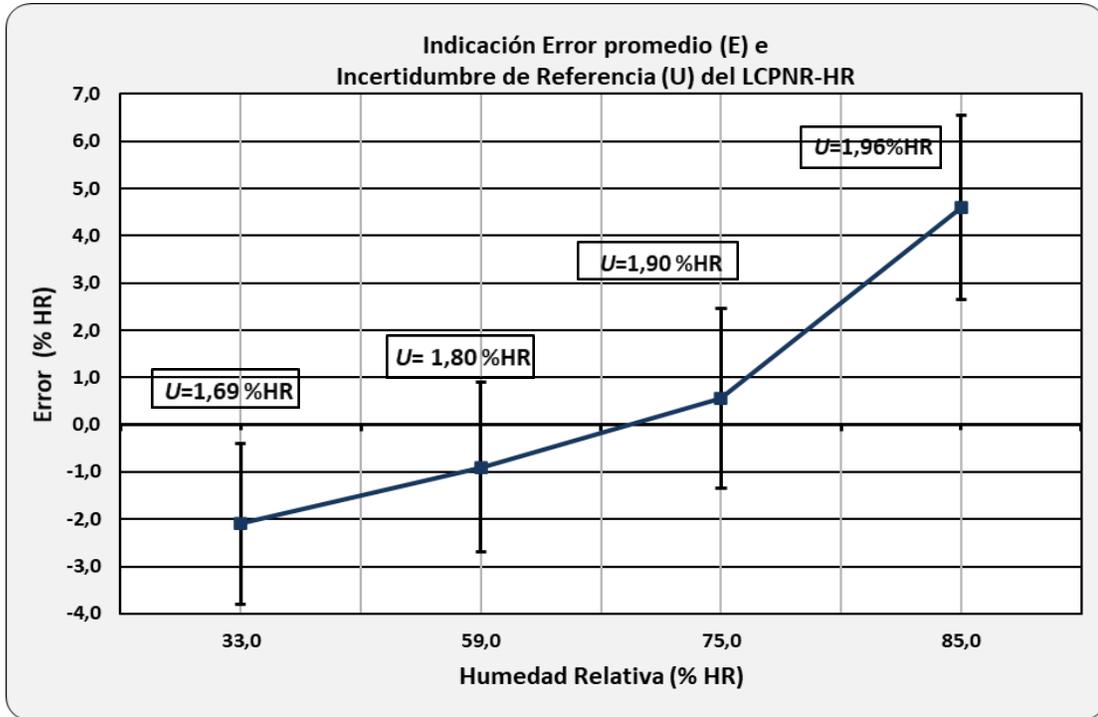


Gráfico 3. Error promedio, E , e incertidumbre del laboratorio de referencia, U ($k=2$, 95%), con consideración adicional por deriva del patrón viajero.

Datos de las mediciones

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

Error Promedio de los participantes

Valor Nominal (%HR)	Error Promedio LCPNR-HR	Datos Error Promedio Laboratorios (% HR)			
		HRS-20-31	HRS-20-32	HRS-20-33	HRS-20-35
33,0	-2,10	-1,10	-2,4	-1,38	-1,84
59,0	-0,90	0,20	-1,8	-1,15	-1,88
75,0	0,57	1,60	-0,7	0,25	-1,42
85,0	4,60	2,00	N/R	3,19	0,78

Nota: N/R= No reporto.

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

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

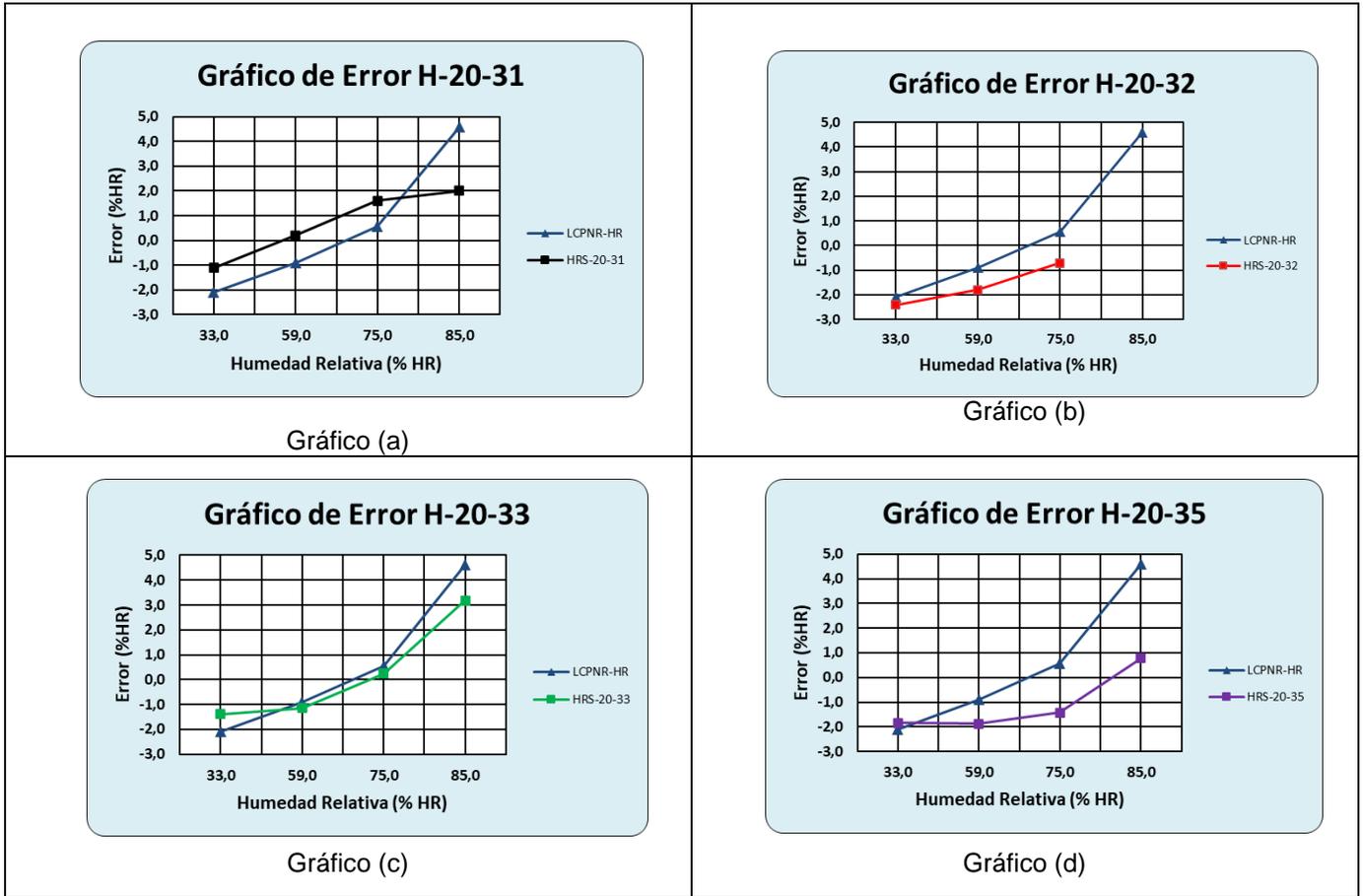


Gráfico 4. Error Individual de cada participante con respecto a LCPNR-HR de ENAER.

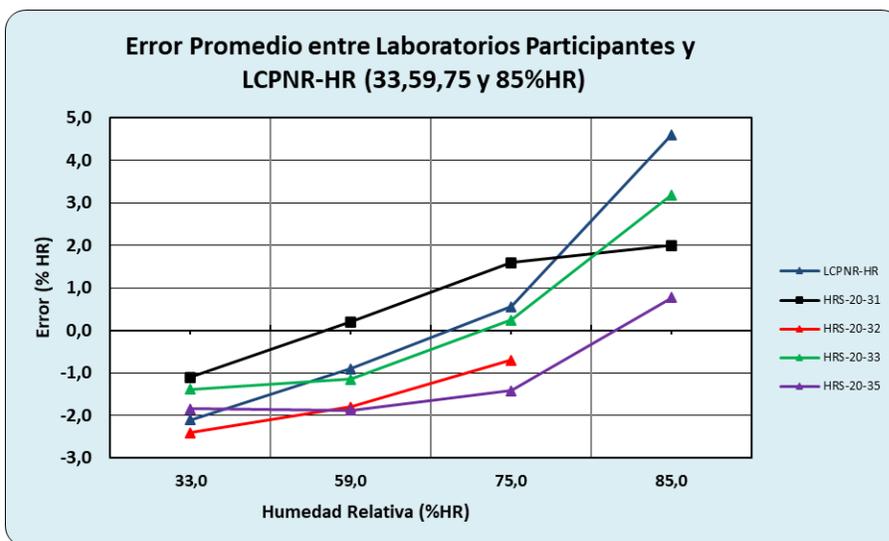


Gráfico 5. Error promedio de laboratorios participantes.

Incertidumbre de los participantes

Valor Nominal (%HR)	Incertidumbre LCPNR-HR (k=2)	Incertidumbre de los laboratorios participantes (% HR)			
		HRS-20-31	HRS-20-32	HRS-20-33	HRS-20-35
33,0	1,69	5,20	6,10	0,72	2,17
59,0	1,80	5,20	6,10	1,12	2,17
75,0	1,90	6,10	6,10	1,44	2,17
85,0	1,96	6,30	N/R	1,82	2,17

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.

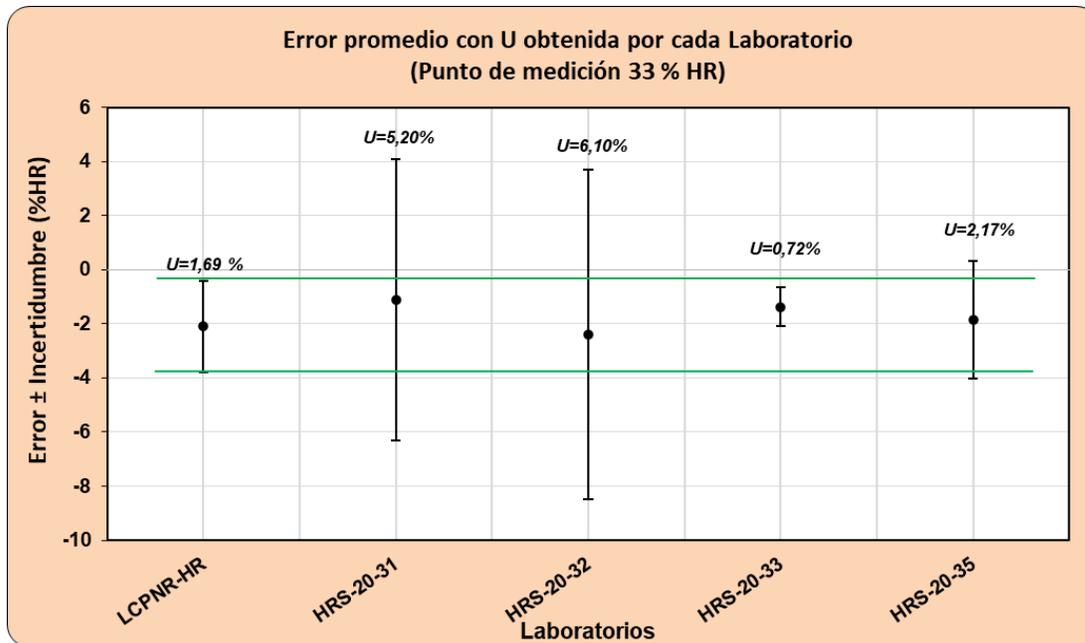


Gráfico 6. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (33 %HR).

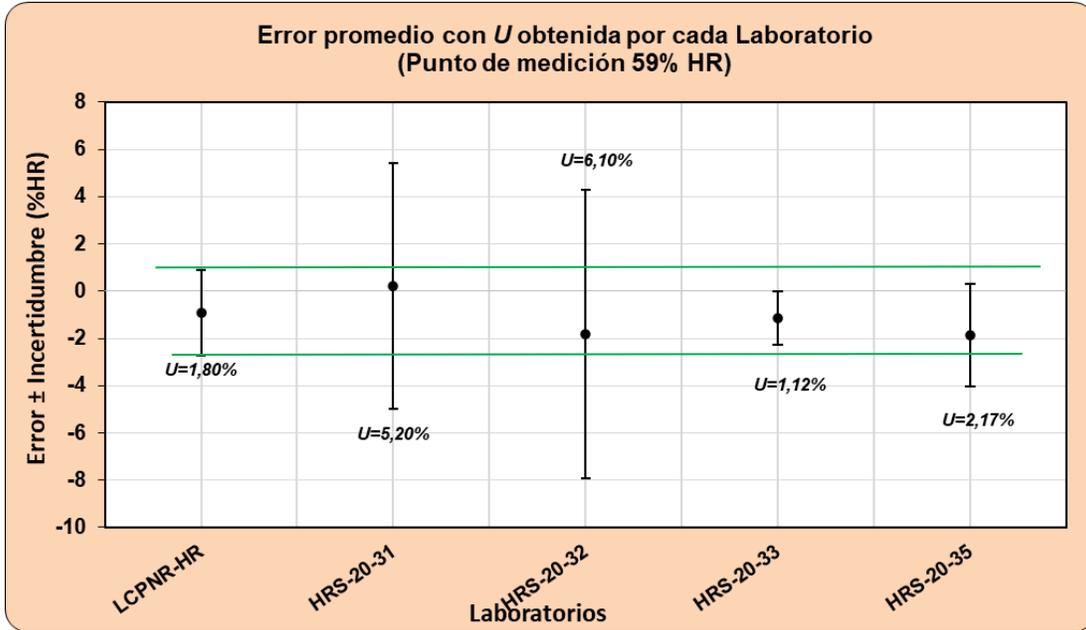


Gráfico 7. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (59 %HR).

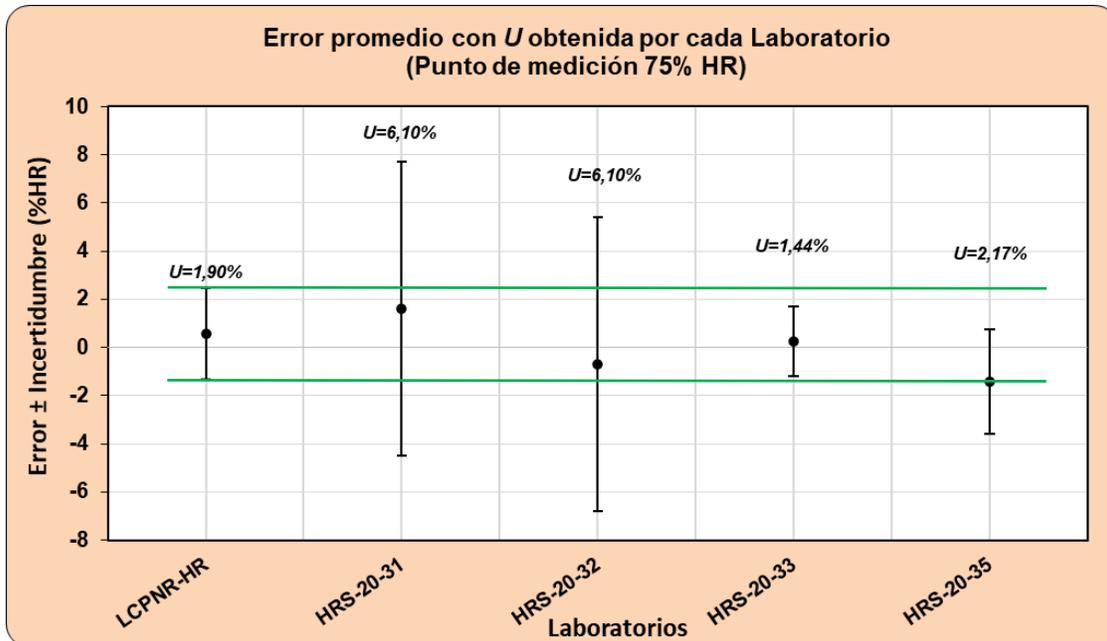


Gráfico 8. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (75 %HR).

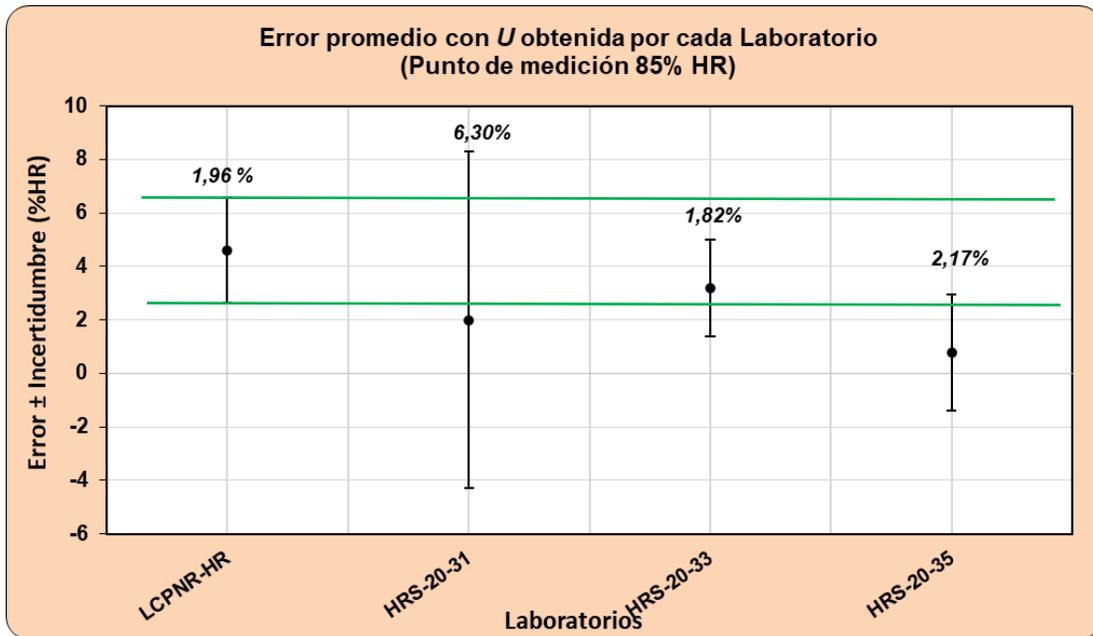


Gráfico 9. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (85 %HR).

Evaluación de los resultados

Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron de acuerdo con el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado se calcula mediante la ecuación (5), que se aplica para cada punto de medición examinado.

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

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición informado por el laboratorio participante.

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

U_{lab} = Incertidumbre expandida (k=2) informada por el laboratorio participante.

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

De acuerdo con este criterio se considera que los resultados informados por los laboratorios participantes son compatibles con los resultados obtenidos por el laboratorio piloto cuando el error normalizado toma valores menores o iguales a uno, mientras que errores normalizados mayores a uno reflejan resultados incompatibles y no satisfactorios para efectos de la comparación:

$ 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 de nuevo las tablas 7 y 8).

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

Valor Nominal (%HR)	Error Promedio LCPNR-HR	Datos Error Promedio Laboratorios (% HR)			
		HRS-20-31	HRS-20-32	HRS-20-33	HRS-20-35
33,0	-2,10	-1,10	-2,4	-1,38	-1,84
59,0	-0,90	0,20	-1,8	-1,15	-1,88
75,0	0,57	1,60	-0,7	0,25	-1,42
85,0	4,60	2,00	N/R	3,19	0,78

Nota: N/R= No reporte.

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

Valor Nominal (%HR)	Incertidumbre LCPNR-HR (k=2)	Incertidumbre de los laboratorios participantes (% HR)			
		HRS-20-31	HRS-20-32	HRS-20-33	HRS-20-35
33,0	1,69	5,20	6,10	0,72	2,17
59,0	1,80	5,20	6,10	1,12	2,17
75,0	1,90	6,10	6,10	1,44	2,17
85,0	1,96	6,30	N/R	1,82	2,17

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

Valor Nominal (%HR)	Calculo de Error Normalizado por Laboratorio.			
	HRS-20-31	HRS-20-32	HRS-20-33	HRS-20-35
33,0	0,18	0,05	0,39	0,09
59,0	0,20	0,14	0,12	0,35
75,0	0,16	0,20	0,13	0,69
85,0	0,39	N/R	0,53	1,31

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 siguientes gráficos se puede observar el error normalizado obtenido por cada participante para cada punto de medición

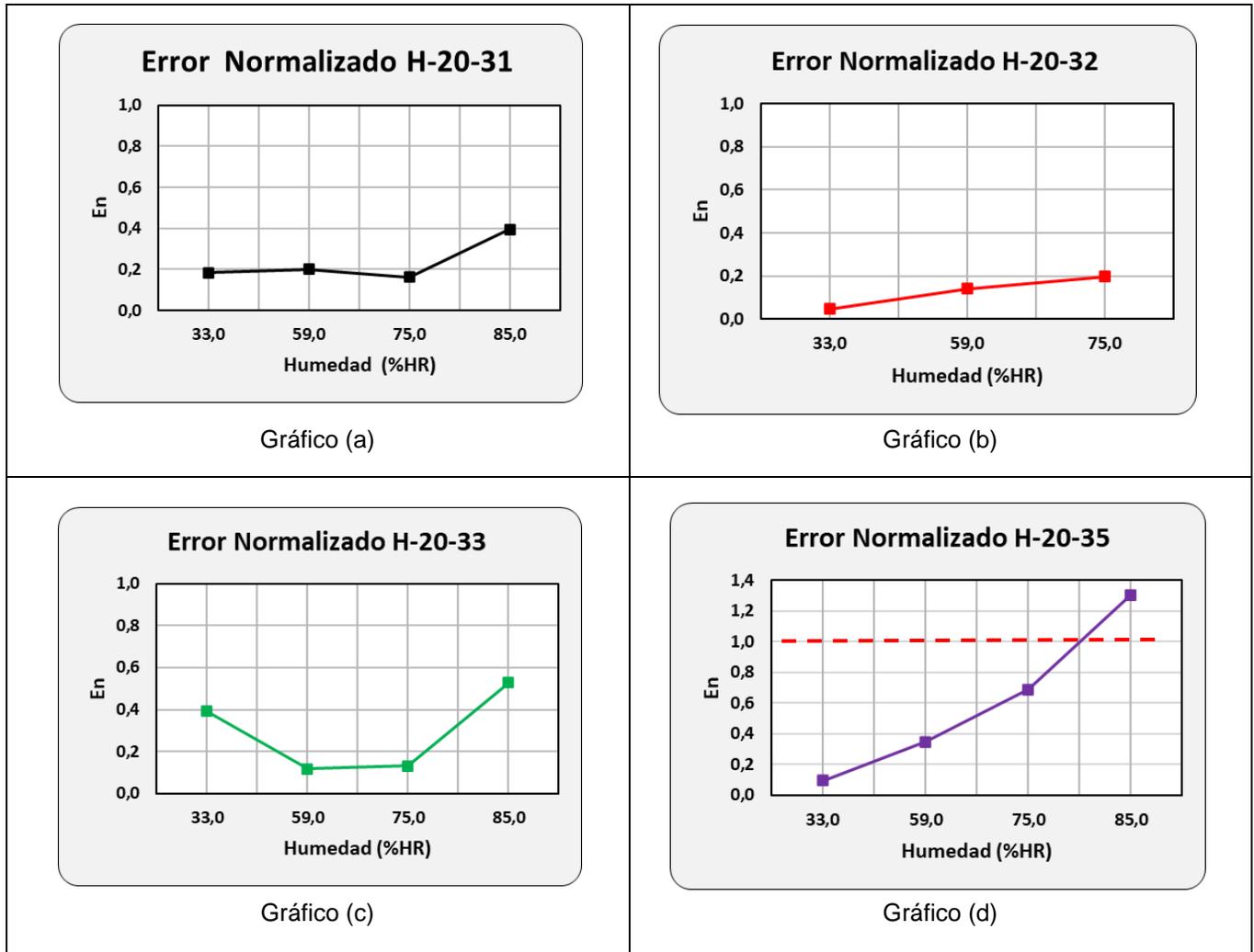


Gráfico 12. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

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

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

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	(HR _p)	(%HR _{IBC})		$\delta(\%HR)_{hist}$	$\delta(\%HR)_{instb}$	$\delta(\%HR)_{inho}$	$\delta(\%HR_p)_{der}$	U_{exp} (%HR)	MCM
				u(rep)	u(res)						
1	H-20-31	*	*	*	ok	*	*	*	*	(5,20 a 6,30)	Sin dato
2	H-20-32	ok	ok	ok	ok	*	ok	ok	ok	(6,10)	Sin dato
3	H-20-33	ok	ok	ok	ok	*	*	*	*	(0,72 a 1,82)	Sin dato
4	H-20-35	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	(2,17)	Sin dato

Tabla 10. Observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

Participante H-20-31

- El laboratorio no cumple con lo solicitado de acuerdo al Protocolo de Aptitud Nacional en cuanto a que **reporta solamente valores de las contribuciones**, no se recibe respaldo de los cálculos realizados.
- Presenta error en el cálculo desviación en el punto de calibración de 33 %HR
 Informado : -1,10 %
 Debe ser : -1,20 %.
- Presenta error en la evaluación de incertidumbre por repetibilidad

Punto de calibración (%HR)	u^2 [(%HR) _{rep}] Informada	u^2 [(%HR) _{rep}] Correcta
33	0,0334	0,00071
59	0,0454	0,00027
75	0,0454	0,00116
85	0,0454	0,00098

- Presenta error al evaluar la contribución por histéresis de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (%HR)	u^2 [δ (HR) _{hist}] Informada	u^2 [δ (HR) _{hist}] Correcta
33	0,0024	0,0374
59	0,0024	0,0374
75	0,0024	0,0374
85	0,0024	0,0374

- No hay respaldo de cómo se obtuvo la contribución de incertidumbre de su patrón, inestabilidad, inhomogeneidad y deriva del patrón, por lo que no es posible evaluar su forma de cálculo.
- El laboratorio presenta error en el cálculo de incertidumbre expandida de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (%HR)	$U_{exp.}$ Informada	$U_{exp.}$ Calculada	% de sobrevaloración $U_{exp.}$
33	4,99	4,45	+9,8
59	5,08	4,55	+11,8
75	6,09	5,65	+7,9
85	6,30	5,89	+7,0

Participante H-20-32

- El participante presenta el valor calculado para incertidumbre por histéresis, pero no se evidencia en el protocolo de mediciones el valor tomado durante las mediciones.

Participante H-20-33

- El laboratorio no presenta respaldo de sus resultados de acuerdo al formato solicitado en el Protocolo de Aptitud Nacional.
- Presenta los mismos valores de medición en el patrón y en el equipo bajo calibración (IBC) en el punto de calibración del 33% HR para la evaluación de histéresis de acuerdo a lo siguiente:

Secuencia inicial

LECTURA DEL PATRON Standard reading		LECTURA DEL IBC IBC reading	
t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
20,77	39,75	20,6	31,1
20,80	39,75	20,6	31,1
20,83	39,68	20,6	31,0
20,87	39,65	20,7	31,1
20,92	39,71	20,7	31,1
20,99	39,78	20,8	31,1
21,06	39,81	20,9	31,1
21,13	39,81	21,0	31,1
21,21	39,85	21,0	31,1
21,28	39,84	21,0	31,1
20,99	39,76	20,8	31,1
	-7,28		
	32,48		

Secuencia Final

LECTURA DEL PATRON Standard reading		LECTURA DEL IBC IBC reading	
t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
21,92	39,75	21,7	31,1
21,95	39,75	21,7	31,1
21,95	39,68	21,6	31,0
21,89	39,65	21,6	31,1
21,83	39,71	21,5	31,1
21,80	39,78	21,5	31,1
21,79	39,81	21,5	31,1
21,79	39,81	21,6	31,1
21,80	39,85	21,6	31,1
21,82	39,84	21,6	31,1
21,85	39,76	21,6	31,1
	-7,28		
	32,48		

Valores idénticos

- El laboratorio evalúa la contribución de histéresis de acuerdo a los errores del instrumento bajo calibración (IBC) con respecto a su patrón.

Procedimiento del laboratorio:

Calibración en 33% hr-baj	Patrón	IBC	Error
	32,48	31,09	-1,39

Calibración en 33% hr-sub	Patrón	IBC	Error
	32,32	30,67	-1,65

Calculo de histéresis	$(-1,39 - (-1,65)) / \text{raiz}(12)$
	0,075055535

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

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coficiente 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. $\delta(HR)_{his} = (HR_{asc} - HR_{des})$	Rectangular	$\sqrt{12}$	1

- Presenta error al evaluar la contribución por inestabilidad de la fuente de humedad de acuerdo a la siguiente tabla:

Punto de calibración (%HR)	$u [\delta(HR)_{pder}]$ Informada	$u [\delta(HR)_{inestb}]$ Correcta
33	$0,22/\sqrt{12} = 0,063$	$0,22/\sqrt{3} = 0,127$
59	$0,32/\sqrt{12} = 0,092$	$0,32/\sqrt{3} = 0,185$
75	$0,13/\sqrt{12} = 0,036$	$0,13/\sqrt{3} = 0,075$
85	$0,28/\sqrt{12} = 0,081$	$0,22/\sqrt{3} = 0,162$

- Presenta el mismo valor de contribución por incertidumbre por gradiente en todos los puntos de calibración; sin respaldo de cómo se obtuvo este valor.

Participante H-20-35

- Presenta el mismo valor de contribución por incertidumbre por inhomogeneidad y por inestabilidad en todos los puntos de calibración. Se recomienda mejorar esta evaluación en orden al estudio de la cámara útil utilizada en las calibraciones.
- 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
33	$1,06/\sqrt{3}= 0,612$	$0,61/\sqrt{3}=0,352$
59	$1,06/\sqrt{3}= 0,612$	$0,61/\sqrt{3}=0,352$
75	$1,06/\sqrt{3}= 0,612$	$0,61/\sqrt{3}=0,352$
85	$1,06/\sqrt{3}= 0,612$	$0,61/\sqrt{3}=0,352$

CONCLUSIONES RONDA H-20

Error Normalizado.

El 93,3% de las mediciones informadas por los laboratorios participantes obtuvieron un error normalizado menor a 1, lo que implica que sus mediciones son compatibles con las realizadas por el laboratorio piloto LCPNR-HR de ENAER. Mientras que solo un laboratorio (H-20-35) obtuvo un valor de error normalizado mayor a 1 en un punto de medición, en particular en el punto 85 %HR, lo que representa el 6,7% del total de datos informados por los participantes.

El laboratorio H-20-31 no presentó los datos de acuerdo al formato solicitado en el protocolo de aptitud nacional.

El laboratorio H-20-32 presentó los datos de acuerdo al formato solicitado en el protocolo de aptitud nacional.

El laboratorio H-20-33 no presentó los datos de acuerdo al formato solicitado en el protocolo de aptitud nacional.

El laboratorio H-20-35 presentó los datos de acuerdo al formato solicitado en el protocolo de aptitud nacional y su respaldo en todos los puntos de calibración.

- El 93,3% de las mediciones de los laboratorios participantes obtuvo un resultado **SATISFACTORIO**.
- El 6,7% de las mediciones de los laboratorios participantes obtuvo un resultado **NO SATISFACTORIO**

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 9 laboratorios Participantes que presentaron resultados en este ensayo de aptitud H-20 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).