



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

**INFORME A**

**COMPARACIÓN NACIONAL**

**HRs-21**  
**(Participantes con sales higroscópicas)**

**CALIBRACIÓN DE UN TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL**

**Rango de medición:(33 %HR a 85 %HR)**

**Medio de Generación: Sales higroscópicas.**

**junio 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](mailto:marcial.espinoza@enaer.cl) [antonio.monsalve@enaer.cl](mailto:antonio.monsalve@enaer.cl) [carolina.martinez@enaer.cl](mailto: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 inicio del ensayo H-21. La comparación se llevó a cabo desde junio de 2021 a septiembre 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  $\pm 2,5$  %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 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 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 2021 son descritos en la tabla 1.

Empresa	Contacto	Información
CERTLAB	Aliro Ramirez Fenelon	Aliro.ramirezf@certlab.cl
Metrological Spa	Erick Aguilar	delivery_2@metrologicalspa.com
WSS	Cristian Rivera	criveram@wss.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:

Empresa	Fecha de realización de mediciones
LCPNR-HR (ENAER)	30/06/2021 – 05/07/2021
WSS	09/08/2021 – 13/08/2021
CERTLAB	16/08/2021 – 20/08/2021
METROLOGICAL-SPA	23/08/2021 – 27/08/2021
LCPNR-HR (ENAER)	08/09/2021 – 13/09/2021 (Nota 1)

Nota 1: La calibración final del patrón viajero se desplazó 1 semana debido a carga de trabajo del laboratorio piloto.

Tabla 2. Fechas de realización de la comparación

## Esquema del desarrollo de la Comparación

El siguiente esquema explica el desarrollo de la actividad:

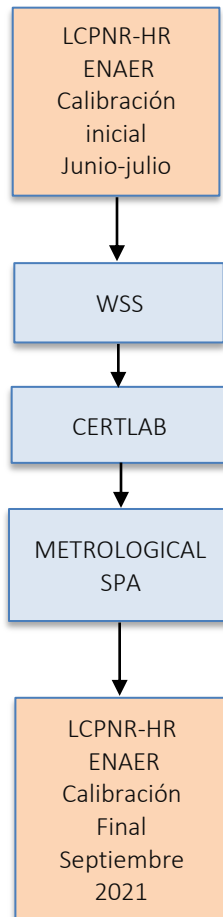


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

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 06 de septiembre 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	Clase de Exactitud (Nota 2)	Alcance	Resolución
HANNA INSTRUMENTS	Indicador: HI9565 Sensor: HI706023	$\pm 2,5$ %HR (0 a 90) %HR $\pm 3,5$ %HR (90 a 100) %HR	0 %HR a 100 %HR	0,1 %HR
		$\pm 0,4$ °C	-10 °C a 60 °C	0,1 °C

Nota 2: Exactitud según manual de instrucciones del fabricante.

Tabla 3. Patrón Viajero de comparación



Figura 2. Patrón viajero usado en la comparación H-21 para participantes con sales higroscópicas

### Puntos de calibración

Para el ensayo de aptitud 2021 se acordó realizar con los laboratorios participantes los siguientes puntos de calibración:

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

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional 2021.

## 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 2 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla 2. Para las dos calibraciones se realizó el mismo procedimiento, patrón de referencia y equipamiento.

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 Final			
	RH Patrón	RH (HI 9565)	E <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	RH Patrón	RH (HI 9565)	E <sub>2</sub>	U <sub>2</sub>
23,0	33,0	37,1	4,1	0,5	33,0	37,2	4,2	0,5
	59,0	60,2	1,2	0,7	59,0	60,6	1,6	0,7
	75,0	75,1	0,1	0,9	75,0	75,5	0,5	0,9
	84,9	85,0	0,1	1,0	85,0	84,8	-0,2	1,0

(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 mediciones realizadas a lo largo de la comparación.

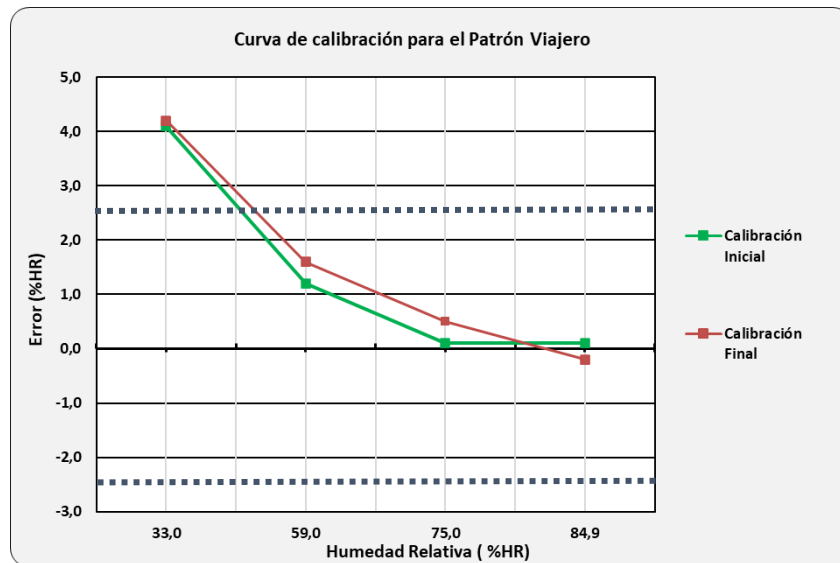


Gráfico 1. Error de medición encontrado para el patrón viajero en las calibraciones realizadas por el LCPNR-HR de ENAER (Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento  $\pm 2,5$  %HR).

## Error promedio e incertidumbre expandida del Laboratorio Piloto

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

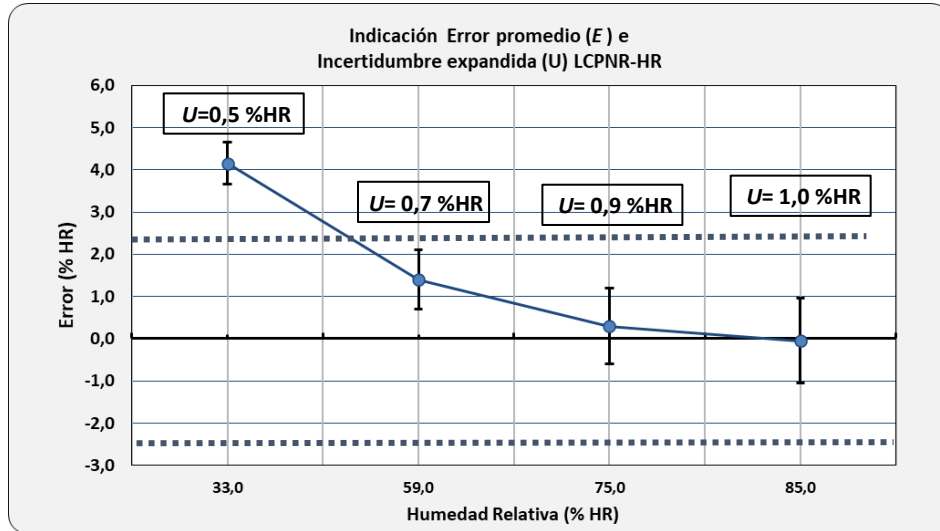


Gráfico 2. Error promedio,  $E$ , e incertidumbre expandida,  $U$  ( $k=2$ , 95%) obtenida por el LCPNR-HR ENAER.  
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento  $\pm 2,5$  %HR).

### 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 y final ( $d_{1-2}$ ).

RH	Patrón Viajero (HI 9565)			
	Nominal	$E_1$	$E_2$	$d_{1-2}$
33		4,10	4,20	-0,10
59		1,20	1,60	0,40
75		0,10	0,50	0,40
85		0,10	-0,20	0,30

minima deriva	0,00
maxima deriva	0,40

Nota 4:  $E_1$  = Error encontrado en la calibración inicial (junio-julio 2021)  
 $E_2$  = Error encontrado en la calibración intermedia (septiembre 2021)

Tabla 6. Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.



Se encuentra como deriva máxima de 0,40 % 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 (0,40 %HR) y será evaluada como una distribución rectangular, de esta forma la contribución por deriva del patrón será:

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

$$u_{\text{deriva}} = (0,40 / \sqrt{3}) = 0,231 \% \text{ HR.}$$

### Valor de referencia e Incertidumbre de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia,  $E_{\text{ref}}$  y  $U_{\text{ref}}$ , 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

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

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

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).

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

Humedad Nominal % HR	U mediciones LCPNR-HR (%HR)		U máxima (LCPNR-HR) % HR	Deriva Patron % HR	Incertidumbre por deriva % HR	Incertidumbre de Referencia (%HR) $U_{ref} = 2 * \sqrt{\left(\frac{U_{LCPNR-HR}}{2}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2}$
	$U_1$	$U_2$				
33,0	0,50	0,50	0,50	0,40	0,231	0,68
59,0	0,70	0,70	0,70	0,40	0,231	0,84
75,0	0,90	0,90	0,90	0,40	0,231	1,01
85,0	1,00	1,00	1,00	0,40	0,231	1,10

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.

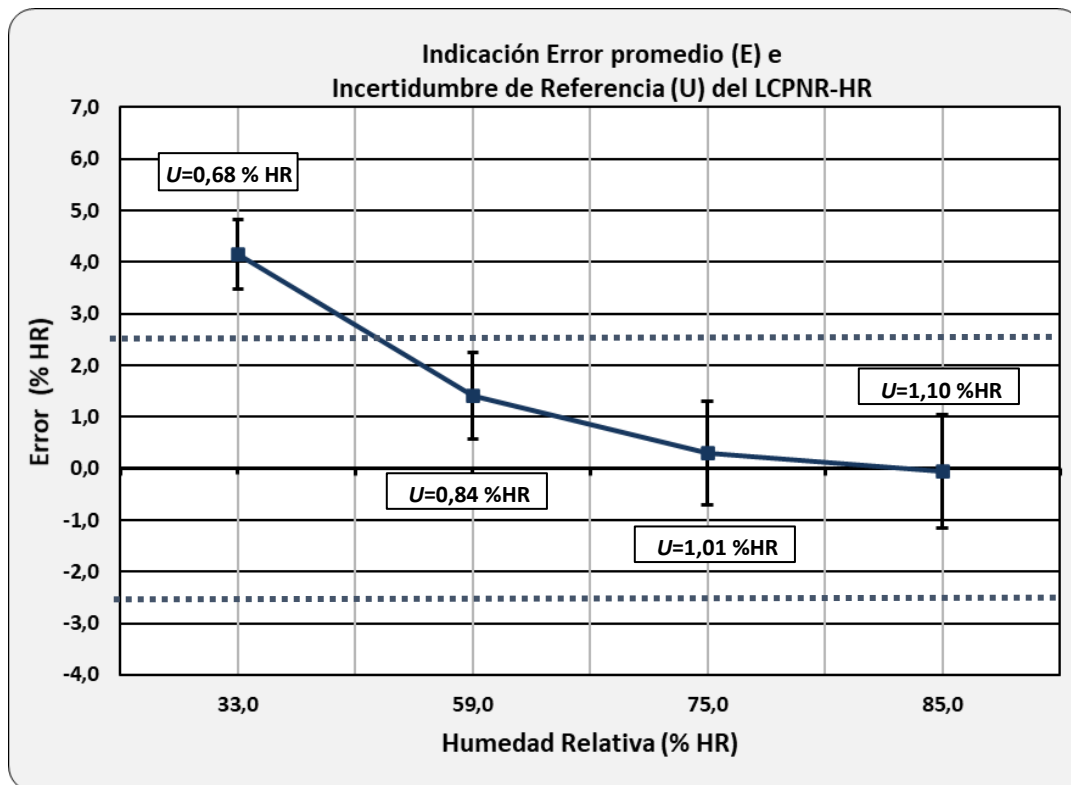


Gráfico 3. Error promedio, E, e incertidumbre del laboratorio de referencia, U (k=2, 95%), con consideración adicional por deriva del patrón viajero. (Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento  $\pm 2,5$  %HR).

### 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	HRs-21-47	HRs-21-70	HRs-21-71
33,0	4,15	0,5	3,5	3,88
59,0	1,40	-3,9	0,1	1,08
75,0	0,30	-0,3	0,4	2,23
85,0	-0,05	N.R	N.R	-0,74

Nota: N.R= No reporte.

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

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

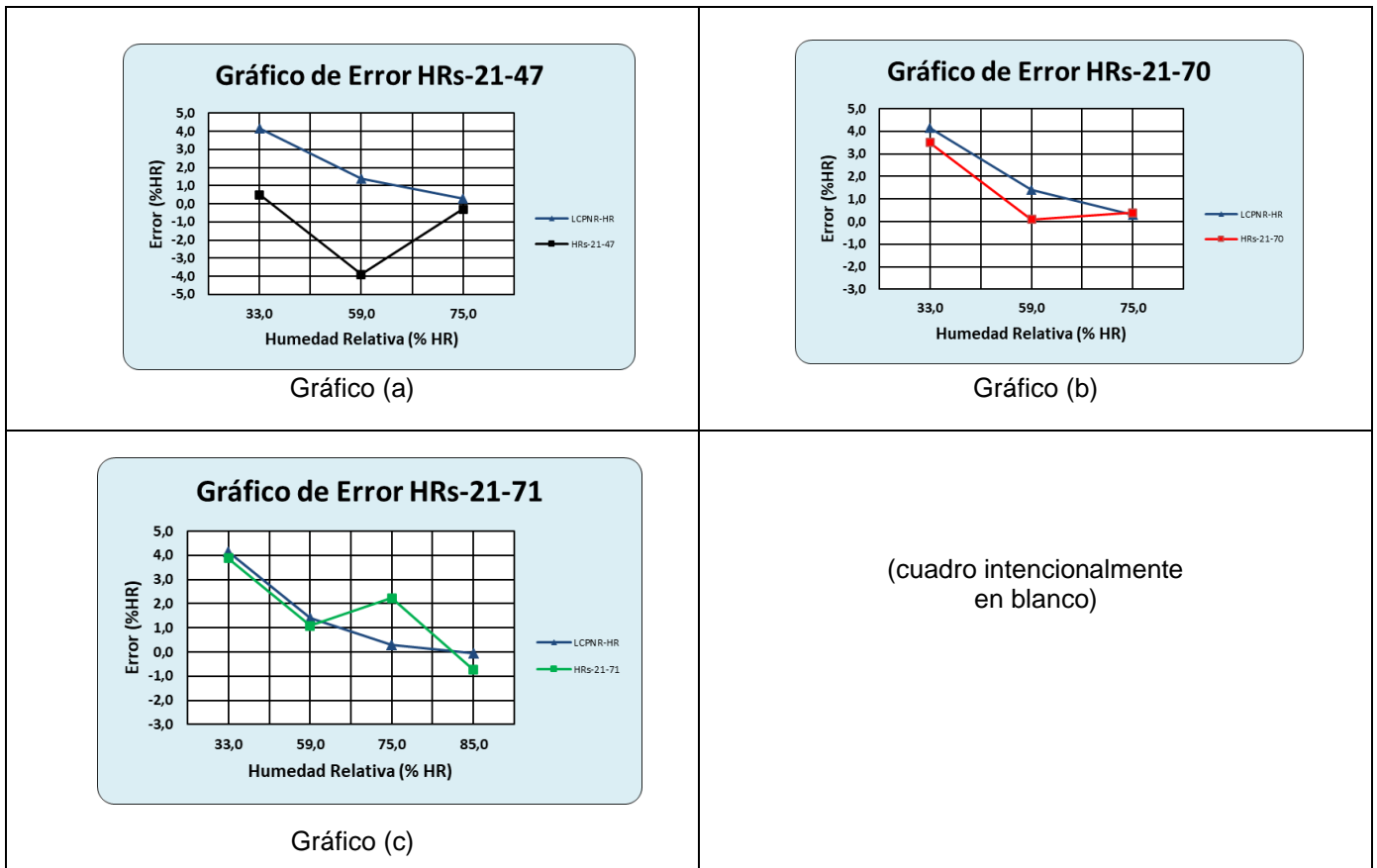


Gráfico 4. Error Individual de cada participante con respecto a LCPNR-HR de ENAER.

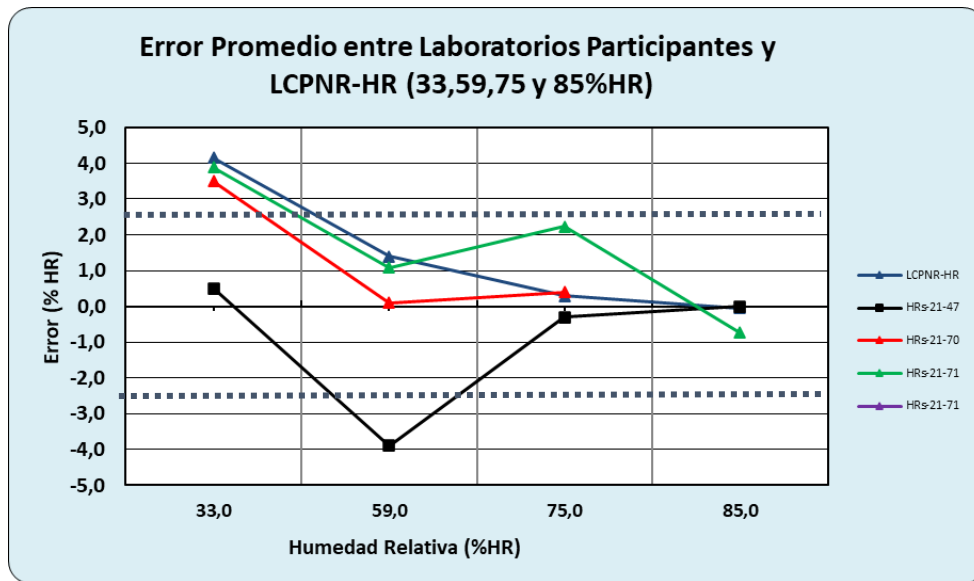


Gráfico 5. Error promedio de laboratorios participantes.  
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento  $\pm 2,5$  %HR).

### Incertidumbre de los participantes

Valor Nominal (%HR)	Incertidumbre de los laboratorios participantes ( % HR)			
	Incertidumbre LCPNR-HR (k=2) ( $U_{REF.}$ )	HRs-21-47	HRs-21-70	HRs-21-71
33,0	0,68	4,4	6,1	5,10
59,0	0,84	4,4	6,1	5,09
75,0	1,01	4,5	6,1	5,09
85,0	1,10	N.R	N.R	5,09

Nota: N.R= No reporto.

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.

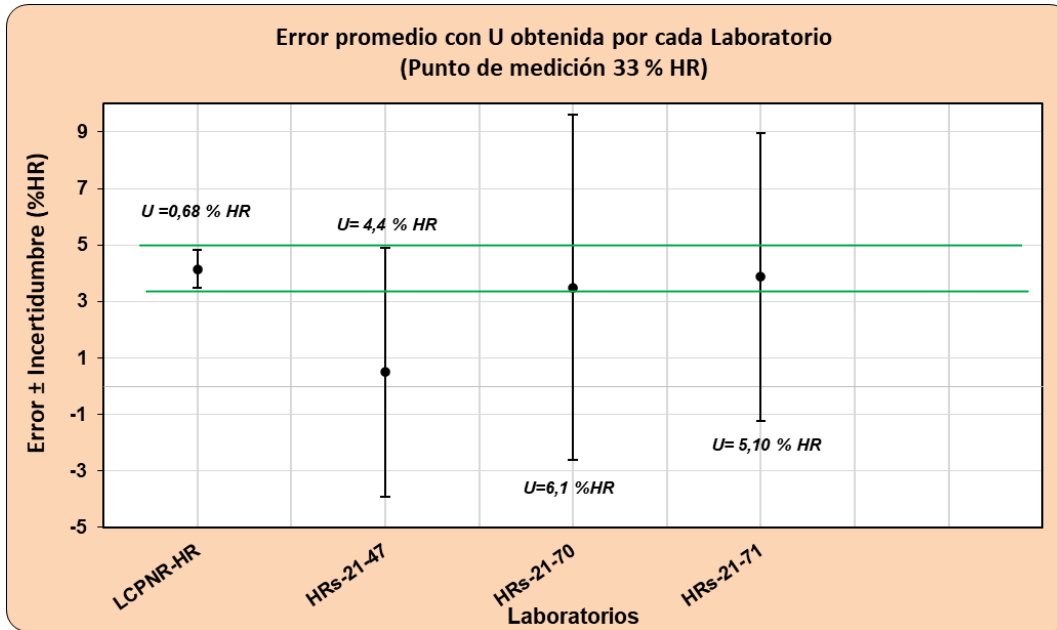


Gráfico 6. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (33 %HR).

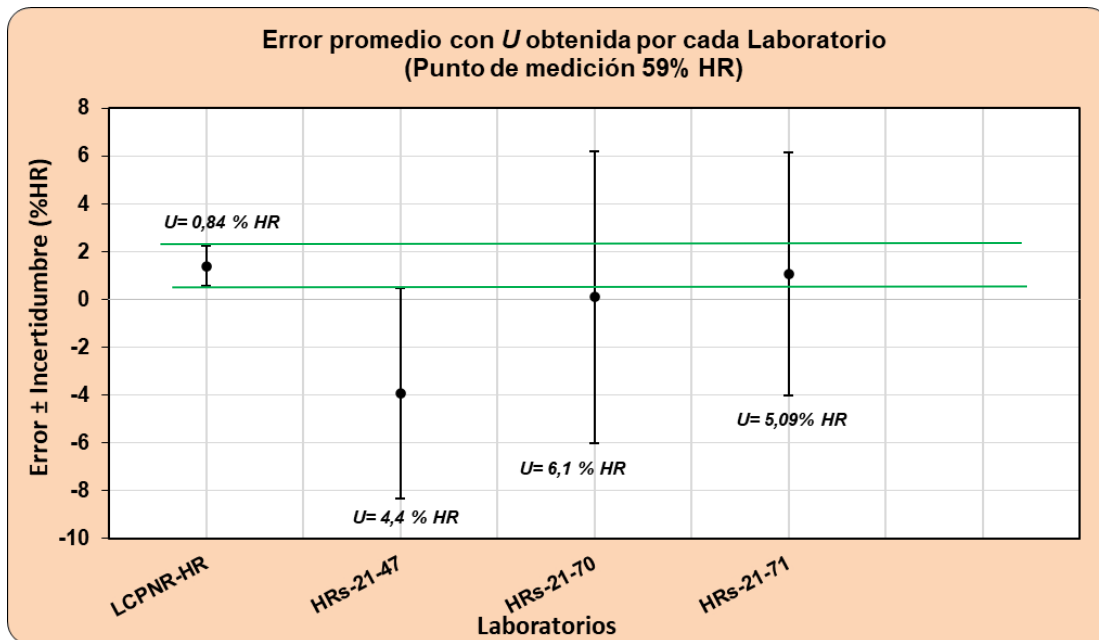


Gráfico 7. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (59 %HR).

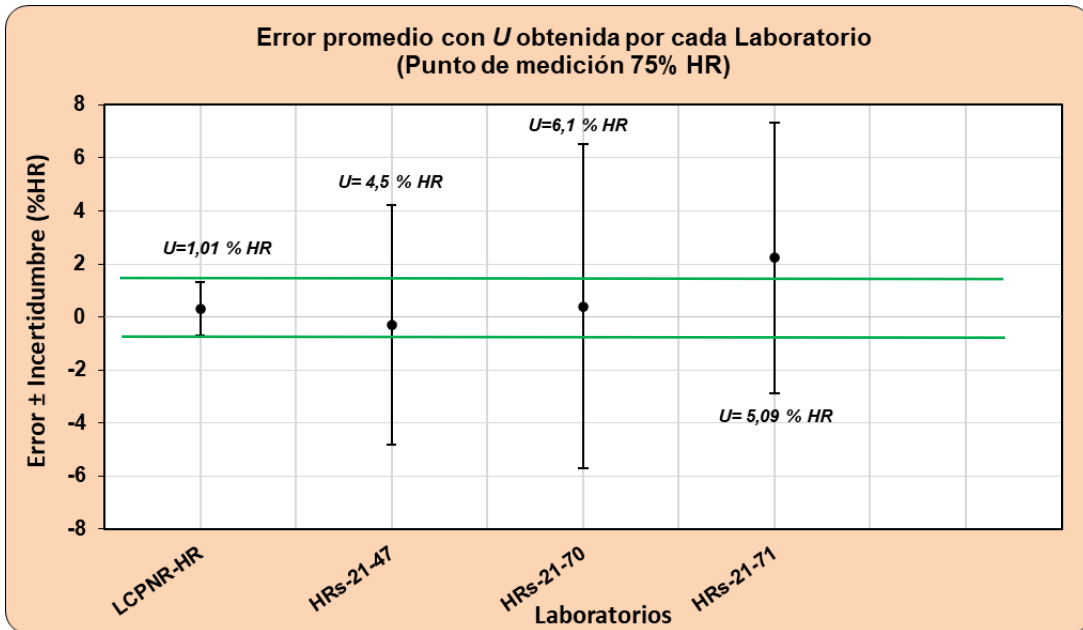


Gráfico 8. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (75 %HR).

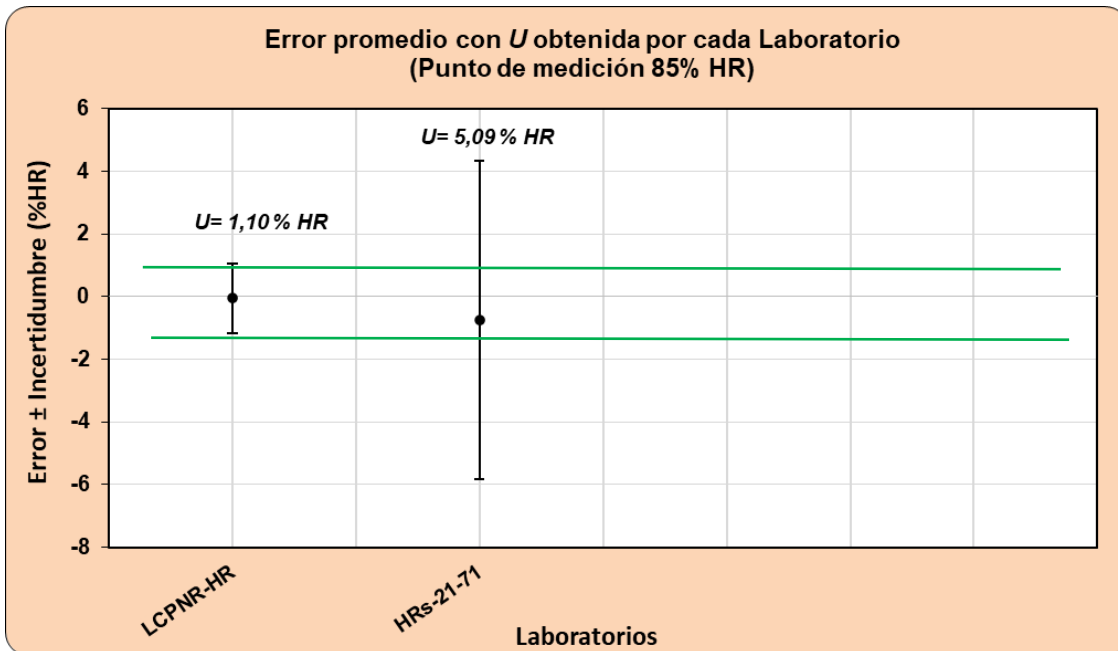


Gráfico 9. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (85 %HR).

## 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)	Datos Error Promedio Laboratorios (% HR)			
	Error Promedio LCPNR-HR	HRs-21-47	HRs-21-70	HRs-21-71
33,0	4,15	0,5	3,5	3,88
59,0	1,40	-3,9	0,1	1,08
75,0	0,30	-0,3	0,4	2,23
85,0	-0,05	N.R	N.R	-0,74

Nota: N/R= No reporto.

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

Valor Nominal (%HR)	Incertidumbre de los laboratorios participantes (% HR)			
	Incertidumbre LCPNR-HR (k=2) ( $U_{REF.}$ )	HRs-21-47	HRs-21-70	HRs-21-71
33,0	0,68	4,4	6,1	5,10
59,0	0,84	4,4	6,1	5,09
75,0	1,01	4,5	6,1	5,09
85,0	1,10	N.R	N.R	5,09

Nota: N/R= No reporto.

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

Valor Nominal (%HR)	Calculo de Error Normalizado por Laboratorio.		
	HRs-21-47	HRs-21-70	HRs-21-71
33,0	0,82	0,11	0,05
59,0	1,18	0,21	0,06
75,0	0,13	0,02	0,37
85,0	N.R	N.R	0,13

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

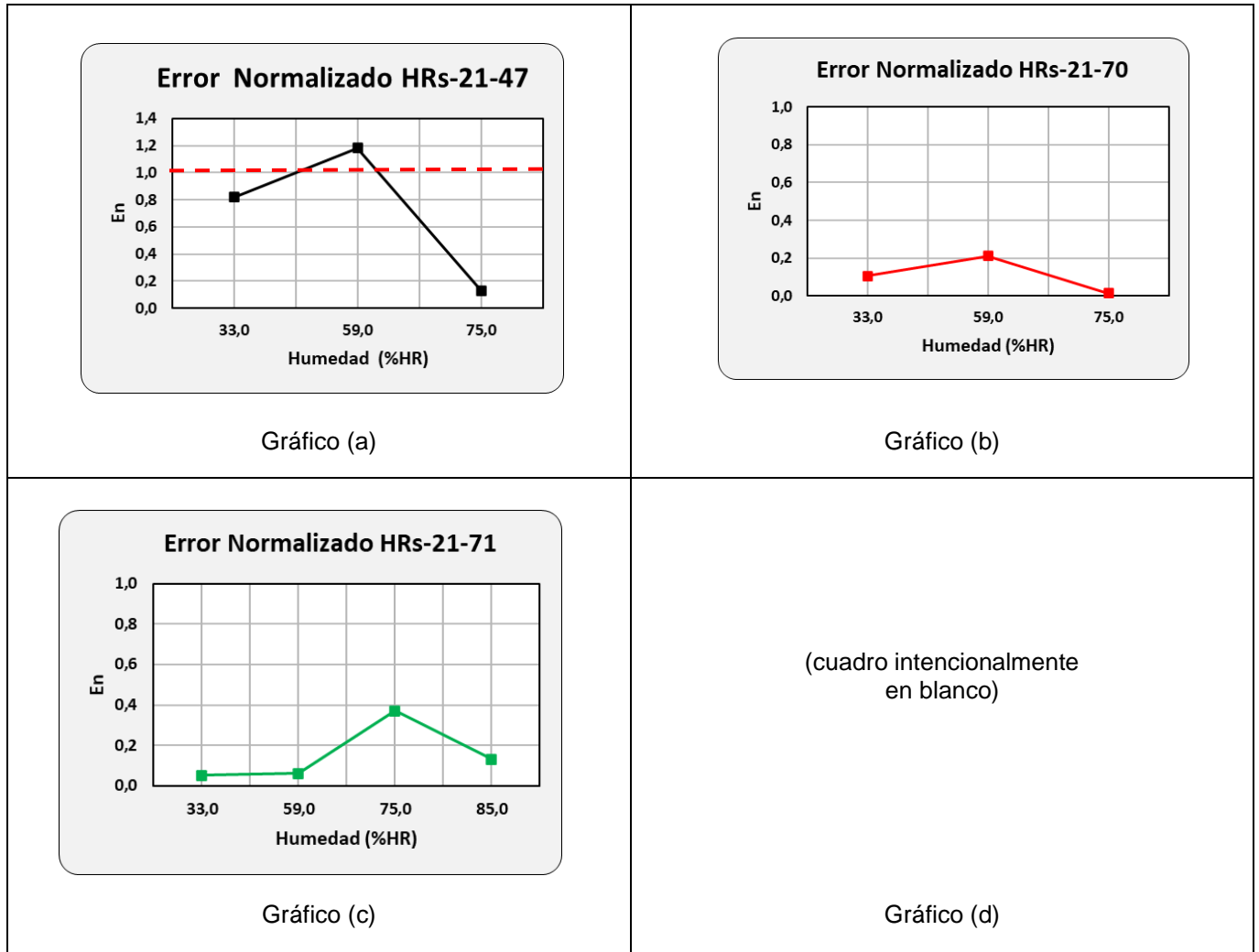


Gráfico 12. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

## ANALISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La tabla 10 resume la evaluación de cada laboratorio participante en la comparación nacional HRs-21.

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 <sub>P</sub> )	(%HR <sub>IBC</sub> )		δ(%HR) <sub>hist</sub>	δ(%HR) <sub>instb</sub>	δ(%HR) <sub>inho</sub>	δ(%HR <sub>P</sub> ) <sub>der</sub>	U <sub>exp</sub> (%HR)	MCM
				u(rep)	u(res)						
1	HRs-21-47	*	ok	ok	ok	*	ok	ok	ok	(4,4 a 4,5)	Sin dato
2	HRs-21-70	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	*	(6,1)	Sin dato
3	HRs-21-71	ok	ok	ok	ok	*	*	*	ok	(5,09 a 5,10)	Sin dato

Nota: (\*) Representa una inconsistencia y/o error en el cálculo.

Tabla 10. Observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

### Participante HRs-21-47

- Presenta error en el cálculo desviación en el punto de calibración de 75 %HR  
 Informado : -0,3 %  
 Debe ser : -0,2 %.
- El participante presenta las **mismas** condiciones ambientales, hora de toma de datos, lecturas del patrón (humedad y temperatura) y temperatura del instrumento bajo calibración (IBC). (Cálculo de histéresis).

PROTOCOLO DE CALIBRACION					
Set Point	33 %HR @ 23 °C			Observaciones	
CONDICIONES AMBIENTALES					
T° Inicial	21,8	%HR Inicial		57,6	
T° Final	22,6	% HR Final		56,4	
Lectura Nº	Hora	LECTURA DEL PATRON		LECTURA DEL IBC	
		Standard reading		IBC reading	
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
1	9:15	22,9	33,0	23,0	32,8
2	9:16	22,9	33,0	23,0	32,8
3	9:17	22,8	33,0	23,1	32,8
4	9:18	22,8	33,1	23,1	32,9
5	9:19	22,9	33,1	23,1	32,9
6	9:20	22,9	33,1	23,0	32,9
7	9:21	23,0	33,2	23,0	32,9
8	9:22	23,0	33,2	23,0	33,0
9	9:23	23,1	33,2	23,1	33,0
10	9:24	23,1	33,3	23,2	33,0
Promedio		22,9	33,1		32,9
Valor de Corrección		0,2	-0,7		
Promedio Corregido		23,1	32,4		

PROTOCOLO DE CALIBRACION					
Set Point	23 °C	33%HR		Observaciones	
CONDICIONES AMBIENTALES					
T° Inicial	21,8	%HR Inicial		57,6	
T° Final	22,6	% HR Final		56,4	
Lectura Nº	Hora	LECTURA DEL PATRON		LECTURA DEL IBC	
		Standard reading		IBC reading	
		t (°C)	% HR	t (°C)	% HR
1	9:15	22,9	33,0	23,0	33,1
2	9:16	22,9	33,0	23,0	33,1
3	9:17	22,8	33,0	23,1	33,1
4	9:18	22,8	33,1	23,1	33,2
5	9:19	22,9	33,1	23,1	33,2
6	9:20	22,9	33,1	23,0	33,2
7	9:21	23,0	33,2	23,0	33,3
8	9:22	23,0	33,2	23,0	33,3
9	9:23	23,1	33,2	23,1	33,3
10	9:24	23,1	33,3	23,2	33,4
Promedio		22,9	33,1		33,22
Valor de Corrección		0,23	-0,7		
Promedio Corregido		23,2	32,4		

Posteriormente se realiza el cálculo de incertidumbre según respaldo de manera correcta:

<b>Calculo de Incertidumbre por Histeresis</b>	Valor ascendente	32,9
	valor descendente	33,2
	Valor de Histeresis	-0,32
	Divisor	<b>3,464</b>
	u Histeresis	0,092

Pero en el presupuesto de incertidumbre se ingresa el valor de 0,3% HR debiendo reportarse 0,32 % HR.

<b>23°C @ 75%HR</b>	<b><math>u [ \delta(\%HR)_{hist} ]</math></b>
Valor	0,300
Divisor	<b>3,464</b>
Valor/Divisor	0,087
Resultado <sup>2</sup>	0,007500

(El valor a ingresar debió ser 0,32%)

**Observaciones.**

- El participante presenta de acuerdo al protocolo de mediciones las siguientes horas de toma de datos:

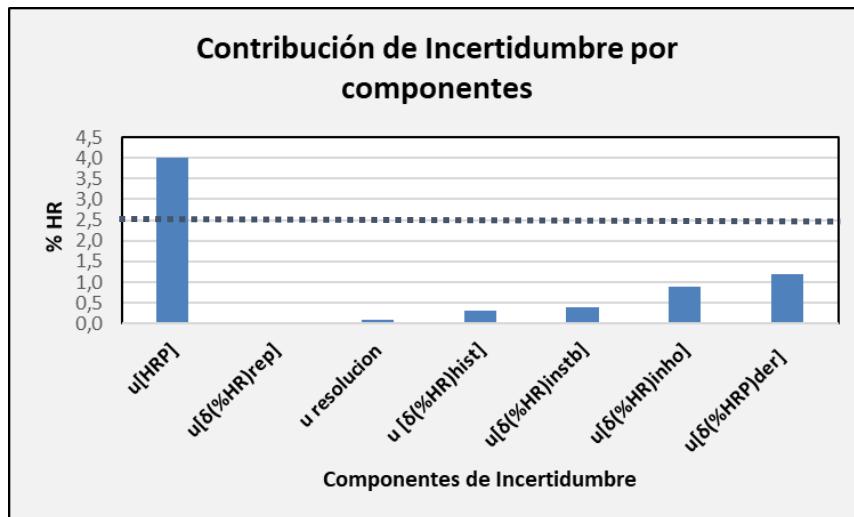
Hora de toma de datos	Punto de calibración
09:15 a 09:24	33%HR @ 23,0°C
10:01 a 10:10	59%HR @ 23,0°C
11:05 a 11:14	75%HR @ 23,0°C

Se sugiere seguir el procedimiento de mediciones de acuerdo a lo señalado en el siguiente punto del protocolo de aptitud:

**9. Generalidades del procedimiento de calibración**

**Realización de las mediciones.** Se debe asegurar que el sistema de medición del laboratorio y su higrómetro patrón, estén en régimen estable, antes de iniciar las mediciones con el IBC. 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.

- En el siguiente gráfico se presenta la contribución de incertidumbre por componentes del laboratorio participante. Se sugiere evaluar cada contribución al realizar calibraciones en humedad relativa.

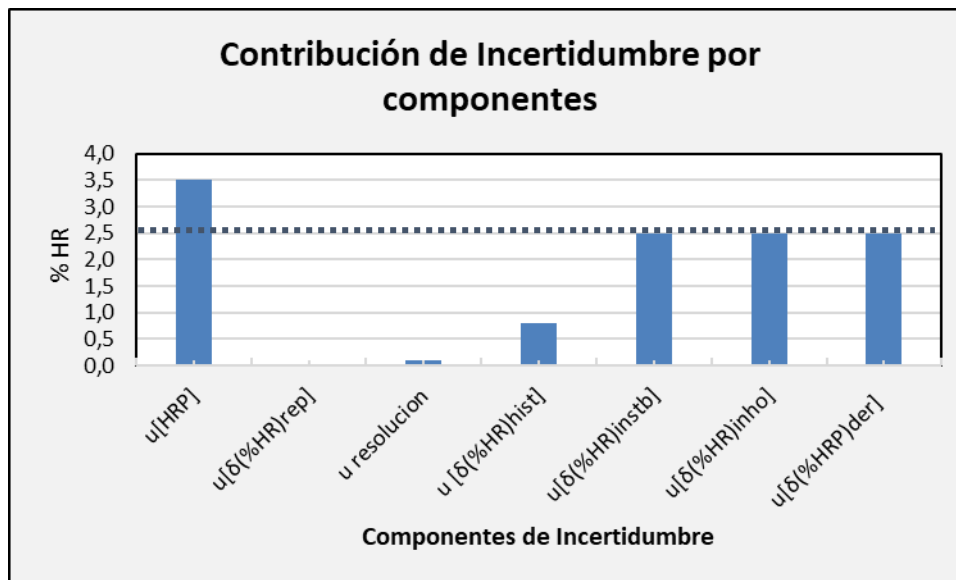


(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento ± 2,5 %HR).

## Participante HRs-21-70

- Presenta el mismo valor de contribución por incertidumbre por inhomogeneidad y por inestabilidad en todos los puntos de calibración (2,5 %HR). Se recomienda mejorar esta evaluación en orden al estudio de las sales utilizadas en las calibraciones.
- Presenta un valor de deriva de un 2,5 %HR. Se recomienda evaluar el patrón a usar en las calibraciones lo cual contribuye fuertemente en el cálculo final de incertidumbre expandida. Los valores de incertidumbre del comportamiento de las sales también pueden afectar el cálculo de incertidumbre final de la calibración.
- Esto se puede ver en el siguiente gráfico:

Deriva patrón HR	2,5 %HR
------------------	---------



## Observaciones.

- 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 la Humedad relativa, temperatura ambiental y presión ambiental del laboratorio.

### Participante HRs-21-71

- El laboratorio realiza el cálculo de incertidumbre por histéresis de manera correcta En el siguiente cuadro:

<b>Calculo de Incertidumbre por Histeresis</b>	Valor ascendente	42,2
	valor descendente	41,4
	Valor de Histeresis	-0,8
	Divisor	<b>3,464</b>
	u Histeresis	<b>-0,225</b>

Pero el valor de histéresis lo ingresa de forma equivocada en el respaldo de resultados lo cual provoca una evaluación de histéresis incorrecta:

<i>30 %HR @ 23 °C</i>	<i><math>u [ \delta(\%HR)_{hist} ]</math></i>
<b>Valor</b>	<b>-0,225</b>
<b>Divisor</b>	<b>3,464</b>
<b>Valor/Divisor</b>	-0,065
<b>Resultado<sup>2</sup></b>	0,004225

(El valor a ingresar debió ser -0,8%)

Resumen:

Punto de calibración (%HR)	$u^2 [ \delta(HR)_{hist} ]$ Informada	$u^2 [ \delta(HR)_{hist} ]$ Correcta
33	0,004225	0,0533
59	0,004225	0,0533
75	0,004225	0,0533
85	0,004225	0,0533

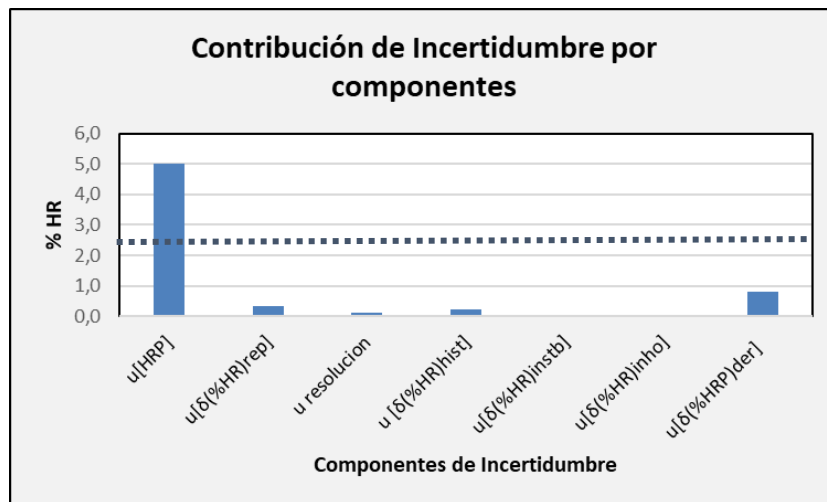
- Presenta un valor de 0 como contribución de incertidumbre por inhomogeneidad y por inestabilidad en todos los puntos de calibración. Se recomienda realizar un estudio del medio generador de humedad para mejorar su contribución al cálculo de incertidumbre.

**Observaciones.**

- El laboratorio no reporta en el cuadro “Especificaciones técnicas y Trazabilidad de los Instrumentos” lo siguiente:

Instrumento para medir la Humedad relativa, temperatura ambiental y presión ambiental del laboratorio.

- Presenta los valores de error de medición en el reporte de resultados con una resolución de 0,01 % HR.  
Se recomienda reportar de acuerdo a la resolución del instrumento a calibrar, en este caso, de 0,1 % HR.
- El patrón usado en este ensayo de aptitud presenta una incertidumbre expandida de un 5 %HR, siendo que el equipo tiene una exactitud de fabricante de  $\pm 0,8$  % HR (10 a 80) %HR @ 23.  
Se recomienda evaluar su certificado de calibración debido a su alta contribución de incertidumbre en el cálculo final.



## **CONCLUSIONES RONDA HRs-21** **(Participantes con sales higroscópicas)**

### Error Normalizado.

El 90% 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 (HRs-21-47) obtuvo un valor de error normalizado mayor a 1 en un punto de medición, en particular en el punto 59 %HR.

El laboratorio HRs-21-47 debe revisar la toma de datos cuando se realiza la histéresis durante la calibración.

El laboratorio HRs-21-70 debe completar el cuadro de patrones usados cuando se realiza calibraciones, además debe revisar las contribuciones por inestabilidad, inhomogeneidad y deriva en su evaluación de incertidumbre.

El laboratorio HRs-21-71 debe revisar la contribución de incertidumbre de su patrón, además debe revisar las contribuciones por inestabilidad, inhomogeneidad en su evaluación de incertidumbre.

- El 90% del total de puntos medidos de los laboratorios participantes obtuvo un resultado **SATISFACTORIO**.
- El 10% del total de puntos medidos participantes obtuvo un resultado **NO SATISFACTORIO**

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 3 laboratorios Participantes que presentaron resultados en este ensayo de aptitud HRs-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<sup>o</sup>edition, 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).