

Comparación de algunos
de los puntos fijos de definición
de la Escala de Temperatura
(ITS-90) de Canadá con
los de Costa Rica

*Comparing some of the
Temperature Scale defining
fixed points of (ITS-90)
of Canada with those
of Costa Rica*

John Ancsin, *Adrián Solano

Institute for National Measurement Standards. National Research Council of Canada (NRC), Ottawa Canada

[e-mail: john.ancsin@nrc.ca](mailto:john.ancsin@nrc.ca)

*Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida (ONNUM); San José, Costa Rica

[e-mail: adsolano@ns.onnum.go.cr](mailto:adsolano@ns.onnum.go.cr)

Resumen

Se compararon algunos de los puntos fijos empleados para calibrar termómetros de resistencia de platino en el NRC de Canadá y en ONNUM de Costa Rica. La diferencia entre los puntos de Zn, Sn, In, Ga y Hg (en mK) se encontró ser respectivamente de: 1.1 0.4, -0.4 0.7, 0.1 0.4, 0.3 0.3, 0.9 0.5.

Introducción

La escala de temperatura actualmente en uso, Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90), entre el punto triple del hidrógeno (259.3467 °C) y el punto de solidificación de la plata (961.78 °C) se basa en cierto número de puntos fijos definidos [1]. Las temperaturas entre los puntos fijos se determinan usando un instrumento de interpolación, el termómetro de resistencia de platino (TRP).

Un rango de temperaturas, ampliamente empleado en la industria, va desde 200 °C hasta + 660 °C. Este rango de temperatura se basa en los siguientes puntos fijos.

Puntos triples de:

Argón (-189.3442 °C)
Mercurio (-38.8344 °C)
Agua (+0.01 °C)

Abstract

Some of the fixed points used for calibrating platinum resistance thermometers at NRC, Canada and at ONNUM, Costa Rica were compared. The difference between Zn, Sn, In, Ga and Hg points respectively (in mK) was found to be as follows; 1.1 0.4, -0.4 0.7, 0.1 0.4, 0.3 0.3, 0.9 0.5.

Introduction

The currently used temperature scale, the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) between the triple point of hydrogen (259.3467 °C) and the freezing point of silver (961.78 °C) is based on a number of defining fixed points. (1) Between the fixed points temperatures are determined using an interpolating instrument the Platinum Resistance Thermometer (PRT).

A widely used temperature range, by industry, is from 200 °C to + 660 °C. This temperature range is based on the following fixed points;

Triple points of

*Argon (-189.3442 °C)
Mercury (-38.8344 °C)
Water (+0.01 °C)*

de diámetro por 23 cm de altura, de Zn, Sn, In, Ga y Hg. El aparato fue utilizado con éxito hace unos pocos años para comparar los puntos fijos de México y de Canadá [2] y el año pasado para comparar los puntos fijos de Argentina, Brasil y Canadá (pendiente de publicación). El procedimiento de comparación fue el siguiente:

Primero, se realizó uno de los puntos fijos del laboratorio y se insertó un TRP en dicho punto fijo. Una vez estabilizada su resistencia (usualmente en 15-25 minutos), se determinó su valor. Entretanto, la celda apropiada se calentó en el horno portátil hasta cerca de su punto de fusión. En cuanto se determinó la resistencia del TRP en la celda del laboratorio, el TRP fue rápidamente transferido a la celda portátil y la celda se llevó a fusión (esto toma de 30 a 40 minutos). Se determinó entonces la resistencia del TRP en el punto de fusión. La diferencia entre la resistencia medida en la celda del laboratorio y la resistencia medida en la celda portátil se usó para determinar la diferencia de temperatura entre las dos celdas.

23 cm high of Zn, Sn, In, Ga and Hg. It was successfully used a few years ago to compare the fixed points of México and of Canada (2), and last year to compare the fixed points of Argentina, Brazil and Canada (to be published). The comparison procedure was as follows;

First, a fixed point of the laboratory was realized and then a PRT was inserted into the realized fixed point. Once its resistance stabilized (usually in 15-25 minutes) its value was determined. Meanwhile, with the appropriate cell in the portable furnace the cell was heated to near its melting point. As soon as the resistance of the PRT in the cell of the laboratory was determined the PRT was rapidly transferred into the portable cell and the cell was melted (taking 30-40 minutes). The resistance of the PRT was then determined at the melt-off point. The difference between the resistance measured in the cell of the laboratory and in the portable cell was used to determine the temperature difference between the two cells.

$$DT = \left[\frac{R(\text{celda cell 1}) - R(\text{celda cell 2})}{R_o} \right] / (dW/dT) \quad (1)$$

donde R(celda1), R(celda2) y R_o son las resistencias del TRP medidas respectivamente en la celda del laboratorio, en el punto de fusión de la celda portátil y en el punto triple del agua, y donde (dW/dT) es la pendiente de la curva W vs T .

Para TRPs de alta calidad y para fines prácticos, los valores de dW/dT son 0.004/C para los puntos de Hg y de Ga, y de 0.0039/C, 0.0038/C y 0.0035/C respectivamente para los puntos de In, Sn y Zn.

Las mediciones

Las celdas portátiles fueron primero comparadas en el NRC, luego se compararon con las celdas de punto fijo de Costa Rica y finalmente fueron comparadas de nuevo en el NRC, a su regreso a Canadá. Las tablas 1, 2 y 3 detallan los datos de las mediciones.

Here $R(\text{cell1})$, $R(\text{cell2})$ and R_o is the resistance of the PRT measured in the cell of the laboratory, at the melt-off point of the portable cell and at the triple point of water respectively. (DW/dT) is the slope of the W vs T curve.

For high quality PRTs, at the Hg and Ga, In Sn and Zn points, for all practical purposes the values of dW/dT are 0.004/C, 0.0039/C, 0.0038/C and 0.0035/C respectively.

The measurements

The portable cells were first compared at NRC then they were compared with the fixed point cells of Costa Rica and then finally again at NRC, after returning them to Canada.

Punto fijo Fixed Point	TRP PRT	Celda NRD NRC cell /Ω	Celda portátil Portable Cell /Ω	$\Delta R / \mu\Omega$	$\Delta W/10^6$	$\Delta T/mK$	$\Delta T(\text{promedio})/mK$ $\Delta T(\text{average})/mK$
Zn	L&N341	67.711598	65.711533	65	2.54	0.72	0.27
Ro		25.582146					
	Meyers359	65.425736	65.425717	19	0.75	0.22	
		65.425846	65.425856	-10	-0.39	-0.11	
Ro		25.468838					
Su		48.206624	48.206684	-60	-2.36	-0.62	-0.60
		48.206619	48.206676	-57	-2.24	-0.59	
Ro		25.468833					
In		40.999324	40.999311	13	0.51	0.13	0.09
		40.999332	40.999316	16	0.63	0.16	
		40.999323	40.999319	4	0.16	0.04	
		40.999336	40.999331	5	0.20	0.05	
Ro		25.468853					
Ga		28.447670	28.477640	30	1.18	0.29	0.32
		28.477675	28.477648	27	1.06	0.27	
		28.477679	28.477638	41	1.61	0.40	
Hg		21.499597	21.499750	-153	-6.01	-1.50	-1.52
		21.499598	21.499760	-162	-6.36	-1.59	
		21.499604	21.499755	-151	-5.93	-1.48	
Ro		25.468853					

Tabla 1. Mediciones iniciales en el NRC. Aquí,

$\Delta R = R$ (celda del laboratorio) - R (celda portátil);

$\Delta W = \Delta R/R_0$;

$\Delta T = \Delta W/(dW/dT)$.

Table 1. Initial measurements at NRC.

Here, $R = R$ (cell of laboratory) - R (Portable cell),

$W = R/R_0$, $T = W/(dW/dT)$.

Las columnas de las Tablas 2 y 3 tienen el mismo significado.

Tables 1, 2 and 3 contain the measured data.

Punto fijo Fixed Point	TRP PRT	ONNUM /Ω	Celda portátil Portable Cell /Ω	$\Delta R / \mu\Omega$	$\Delta W/10^6$	$\Delta T/mK$	$\Delta T(\text{promedio})/mK$ $\Delta T(\text{average})/mK$
Zn	Isotech #082	64.906964	64.906961	3	0.12	0.04	-0.11
Ro		25.269345					
		64.906968	64.906990	-22	-0.83	-0.25	
		64.906958	64.906968	-10	-0.40	-0.11	
Ro		25.269437					
Su		47.825511	47.825546	-35	-1.39	-0.37	-0.43
		47.825502	47.825555	-53	-2.10	-0.55	
		47.825575	47.825610	-35	-1.39	-0.37	
In		40.675806	40.675722	84	3.32	0.85	0.66
Ro		25.269345					
		40.675857	40.675767	90	3.56	0.91	
		40.675756	40.675725	31	1.23	0.32	
		40.675872	40.675817	55	2.18	0.56	
Ro		25.269437					
Ga		28.254075	28.254095	-20	-0.79	-0.20	-0.07
		28.253811	28.253849	-38	-1.50	-0.38	
		28.253804	28.253806	-2	-0.08	-0.02	
		28.253800	28.253781	19	0.75	0.19	
Ro		25.269074					
		28.254106	28.254102	4	0.16	0.04	
Ro		25.269387					
Hg	Hirt's#1426	0.20692493	0.20692703	-2.10	-8.56	-2.14	-2.38
		0.20692470	0.20692693	-2.23	-9.10	-2.27	
		0.206923955	0.20692663	-2.68	-10.93	-2.73	
Ro		0.24512675					

Tabla 2. Mediciones en ONNUM

Table 2. Measurements at ONNUM.

Punto fijo Fixed Point	TRP PRT	Celda NRC) NRC cell /ohm	Celda portátil Portable Cell /ohm	R / ohm	w/10 ⁻⁶	T/mK	T(promedio)/mK T(average)/mK
	construcción propia Home-made T9-1	0.62730522	0.62730450	0.72	2.95	0.84	0.63
		0.62730480	0.62730442	0.38	1.56	0.45	
Ro		0.24418400					
		0.62730496	0.62730430	0.66	2.70	0.77	
		0.62730504	0.62730465	0.39	1.60	0.46	
Sn		0.46220173	0.46220183	-0.10	-0.41	-0.11	-0.28
		0.46220027	0.46220079	-0.52	-2.13	-0.56	
		0.46220085	0.46220090	-0.05	-0.20	-0.05	
		0.46220045	0.46220084	-0.39	-1.60	-0.42	
In		0.39309563	0.39309537	0.26	1.06	0.27	0.04
		0.39309418	0.39309422	-0.04	-0.16	-0.04	
		0.39309427	0.39309440	-0.13	-0.53	-0.14	
		0.39309432	0.39309425	0.07	0.29	0.07	
Ga		0.27303432	0.27303383	0.49	2.00	0.50	0.51
		0.27303334	0.27303283	0.51	2.09	0.52	
		0.27303325	0.27303295	0.30	1.23	0.31	
		0.27303322	0.27303253	0.69	2.82	0.71	
Ro		0.24418380					
Ro	Meyers261AR	12.783364					
Hg		10.791881	10.791959	-78	-6.1	-1.53	-1.37

Tabla 3. Mediciones finales en NRC.
(Desafortunadamente el TRP Meyers empleado en la Tabla 1 se rompió.
Por lo tanto para las mediciones finales en NRC fue necesario usar diferentes TRPs).

*Table 3. Final measurements at NRC.
(Unfortunately Meyers PRT used in Table 1 was broken.
Therefore for the final NRC measurements different PRTs had to be used.)*

	(NRC-Portátil) / mK <i>(NRC-Portable) / mK</i>	(ONNUM-Portátil) / mK <i>(ONNUM-Portable) / mK</i>	(NRC-ONNUM) / mK <i>(NRC-ONNUM) / mK</i>
Al (celda abierta) <i>Al (open cell)</i>			2.7
Al (celda sellada) <i>Al (sealed cell)</i>			-1.3
Zn	0.48±0.28	-0.63±0.16	1.11 ± 0.44
Sn	-0.39±0.22	-0.83±0.40	-0.44 ± 0.66
In	0.07±0.09	0.06±0.32	0.01 ± 0.41
Ga	0.43±0.12	0.13±0.22	0.30 ± 0.34
Hg	-1.44±0.10	-2.38±0.44	0.94 ± 0.54

Tabla 4. Diferencias de puntos fijos. Esta tabla resume los resultados de las tablas 1, 2 y 3.

La segunda columna es el promedio de las mediciones inicial y final en NRC.
La columna (ONNUM-Portátil) es la última columna de la Tabla, corregida para la diferencia de 12% en la presión del ambiente entre ONNUM y NRC.

La cuarta columna es la diferencia entre la segunda y la tercera. Las incertidumbres indicadas son el doble de la desviación estándar.

Table 4. Fixed point differences.

This table summarizes the results of tables 1, 2 and 3.

The second column is the average of the initial and final measurements at NRC.

The (ONNUM Portable) column is the last column of table 3 corrected for the ambient pressure difference of 12% between ONNUM and NRC and the fourth column is the difference of the second and the third columns. The indicated uncertainties are twice the standard deviation.

Las dos celdas de Al fueron fabricadas en NRC. Fueron comparadas con la celda de Al empleada para calibrar TRPs en el NRC. Durante la comparación, las celdas se albergaron en dos hornos adyacentes de tubería de calentamiento de Na. Los puntos de Al se materializaron levantando y retirando del horno los lingotes de Al fundido durante 30 segundos y luego insertando por un minuto un tubo frío de cuarzo en el pozo para termómetro. El TRP calentado se insertó entonces en una de las celdas de Al. Se tomaron las lecturas cuando se estabilizó la resistencia (15-20 minutos). Luego, el TRP se transfirió (rápidamente para no someterlo a grandes cambios de temperatura) a la otra celda de Al y, de nuevo, se tomaron las lecturas al haberse estabilizado su resistencia. La diferencia de temperatura entre las celdas se determinó usando la relación

The two Al cells were made at NRC. They were compared with the Al cell used for calibrating PRTs at NRC. During comparison the cells were housed in two adjacent Na heat pipe furnaces. The Al points were realized by lifting the molten Al ingots out of the furnace for 30 seconds and then inserting a cold quartz tube into the thermometer well for one-minute. The warm PRT was then inserted into one of the Al cells. Once its resistance stabilized (in 15-20 minutes) readings were taken. Then the PRT was transferred (rapidly not subject it to large temperature changes) into the other Al cell and again, once its resistance stabilized, reading were taken. The temperature difference between the cells was determined using the relation

$$\{\Delta T = \Delta R / R_0 / (dW / dT)\}$$

Resultados y conclusión

Como puede verse en la Tabla 4, los puntos fijos usados para calibrar TRPs en NRC y ONNUM (con excepción del Al) son equivalentes en un intervalo cercano a un miligrado.

Estas celdas portátiles y su horno constituyen en esencia un material portátil de calibración. Puesto que son empleadas por una misma persona, los puntos fijos son comparados de forma congruente; además, la técnica de materialización del punto fijo en el laboratorio anfitrión y los buenos procedimientos de calibración pueden ser discutidos, demostrados y luego armonizados con otros laboratorios que participen de tales comparaciones. En consecuencia, estos puntos fijos están siendo repetidamente reproducidos para calibraciones en ONNUM y, como lo muestra la Tabla 2, dentro de un intervalo de alrededor de 1/3 mK.

Reconocimiento

Esta comparación y la adquisición de las celdas Al por parte de ONNUM fueron posibles gracias a un donativo de la Agencia de Desarrollo Internacional de Canadá (CIDA, Canadian International Development Agency).

Referencias

- [1] Preston Thomas,H.,
Metrologia,27,3-10(1990)
- [2] Ancsin J.,Mendez-Lango E.,
Metrologia ,33,415-420(1996)
- [3] Ancsin J.,Mendez-Lango E.,
Metrologia ,36,117-139(1999)
- [4] Ancsin J.,
Metrologia, 32,295-300 (1995/1996)

Results and conclusion.

As seen in table 4, fixed points used for calibrating PRTs at NRC and at ONNUM (with the exception of Al) are equivalent within one millidegree.

These portable cells and their furnace in essence are a portable calibration facility. Because they are used by the same experimenter, not only are the fixed points compared consistently but the fixed-point realization technique at the host laboratory and good calibration procedures can be discussed, demonstrated and then harmonized with other laboratories participating in such comparisons. As a consequence, these fixed points are now consistently reproduced for calibrations within about 1/3 mK at the ONNUM as seen in Table 2.

Acknowledgement

This comparison and the acquisition of the Al cells by ONNUM was supported by a grant from CIDA (Canadian International Development Agency)

References

- (1) Preston-Thomas,H,
Metrologia,27,3-10(1990)
- (2) Ancsin J.,Mendez-Lango E,
Metrologia, 33, 415-420(1996)
- (3) Ancsin J.,Mendez-Lango E.,
Metrologia,36,117-139(1999)
- (4) Ancsin J.,
Metrologia, 32,295-300 (1995/1996)