

Curso regional de Entrenamiento sobre Análisis de Metales Pesados utilizando Fluorescencia de Rayos X

Incertidumbre de las mediciones

Evaluación de la calidad analítica con materiales certificados de referencia

Florencia González, Yoelvis Bolaños, Rufino Lozano Santa Cruz, Graciela Zarazúa, Samuel Tejeda,



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA



ININ
INSTITUTO NACIONAL
DE INVESTIGACIONES
NUCLEARES



2023
AÑO DE
Francisco
VILLA
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

Incertidumbre

Incertidumbre de la medición es “Un parámetro asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mesurando”.

Cuando se informa el resultado de una medición es obligatorio que se dé alguna indicación cuantitativa de la calidad del resultado.

Acompaña al resultado de medición
Permite tomar decisiones correctas
Permite conocer la calidad de las mediciones e implementar mejoras para lograr la calidad requerida
Una estimación de la incertidumbre de la medición es requerida en la ISO 17025



Incertidumbre

- La incertidumbre es un parámetro NO negativo que caracteriza la dispersión de los valores que podrían atribuirse razonablemente al mensurando
- La **Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición (GUM)** proporciona una forma consistente y estandarizada de expresar la incertidumbre en las mediciones
- Se deben identificar todas las fuentes de incertidumbre que contribuyen

Es posible realizar una estimación experimental de contribuciones individuales a la incertidumbre:

Se combinan.

$$u_{(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot u_{(x_i)}^2}$$

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$$

Error e incertidumbre

En la literatura técnica y científica, el término error se utiliza frecuentemente con dos significados bastante diferentes. En algunos casos se utiliza para cuantificar la diferencia entre el resultado de una medida y el considerado como valor de la misma (valor verdadero, valor real o estándar), mientras que en otras se utiliza para denominar la incertidumbre del resultado de una medida, es decir, para cuantificar la imperfección del método e instrumento de medida empleado.

Los términos error e incertidumbre no son sinónimos, sino que representan conceptos completamente distintos, y por tanto, no deben confundirse entre sí ni utilizarse incorrectamente, uno en lugar del otro.

Expresion de incertidumbres experimentales.

La incertidumbre en los resultados de una medición generalmente está integrada por varios componentes que pueden ser agrupadas dentro de dos categorías, de acuerdo a como se estime su valor numérico.

Incertidumbre
combinada u

$$u_{(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot u_{(x_i)}^2}$$

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$$

Tipo A: Aquellos que se evalúan por medio de métodos estadísticos.

Los componentes de la categoría A se caracterizan por las varianzas estimadas s_i^2 o desvío estándar s_i y el número de grados de libertad.

Tipo B: Aquellos que se evalúan por otros métodos.

Los componentes de la categoría B se caracterizan por cantidades u_j^2 ; u_j

Los resultados analíticos deben informarse con su correspondiente incertidumbre estándar. Pueden informarse con su incertidumbre estándar combinada, Aquella evaluada a través de la Ley de Propagación de la Incertidumbre y que combina apropiadamente todas las incertidumbres aportadas por las magnitudes que influyen sobre el resultado de la medición.

$$C \pm u_c$$

O pueden informarse con su correspondiente incertidumbre estándar expandida. Que define un intervalo alrededor del resultado de medición que abarca una fracción suficientemente grande de la dispersión de los valores que “razonablemente” pueden atribuirse al mensurando.

$$C \pm U$$

Con $U = k u_c$ k es un factor de cobertura.

Evaluación de la incertidumbre estándar

Método Analítico

Identificación de las fuentes de incertidumbre

Evaluación Tipo A o Tipo B Expresión como desvíos estándar

Combinación de las fuentes de incertidumbre

Ley de propagación de Incertidumbres

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2} = \left[\sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

where,
 $u_c(y)$ = combined uncertainty
 c_i = sensitivity coefficient
 $u(x_i)$ = standard uncertainty

Propagación del error en cálculos aritméticos		
Tipo de cálculo	Ejemplo*	Desviación estándar de y^{\dagger}
Suma o diferencia	$y = a + b - c$	$s_y = \sqrt{s_a^2 + s_b^2 + s_c^2}$ (1)
Multiplicación o división	$y = a \times bc$	$\frac{s_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{s_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{s_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{s_c}{c}\right)^2}$ (2)
Exponenciación	$y = a^x$	$\frac{s_y}{y} = x \left(\frac{s_x}{a}\right)$ (3)
Logaritmo	$y = \log_{10} a$	$s_y = 0.434 \frac{s_a}{a}$ (4)
Antilogaritmo	$y = \text{antilog}_{10} a$	$\frac{s_y}{y} = 2.303 s_a$ (5)

Evaluación de Tipo A de la incertidumbre estándar

A partir de n observaciones independientes bajo las mismas condiciones se calcula el promedio y su desvío estándar s .

Para una magnitud de entrada X_i a partir de n observaciones independientes repetidas $X_{i,k}$ la incertidumbre estándar $u(x_i)$ de su estimación $x_i = \bar{X}$ es:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N-1}}$$

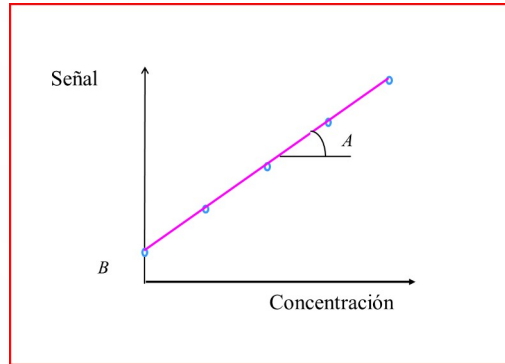
Desviación estándar experimental de la media

$$u = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Evaluación de Tipo A de la incertidumbre estándar

A partir de una curva de calibración ajustada por el método de cuadrados mínimos.

Las varianzas estimadas y las incertidumbres estándar resultan de los parámetros ajustados que caracterizan la curva.



$$A = \frac{Q_{xy}}{Q_{xx}} = \frac{\sum_{i=1}^M (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^M (x_i - \bar{x})^2}$$

$$B = \bar{y} - A\bar{x}$$

$$S_A = \frac{S_{y/x}}{\sqrt{Q_{xx}}}$$

Predicción en muestra incógnita

$$x_{inc} = (y_{inc} - B) / A$$

$$x_{inc} = \frac{(y_{inc} - B)}{A} \quad S(x_{inc}) = S_{y/x} / A \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{M} + \frac{(y_{inc} - \bar{y})^2}{A^2 Q_{xx}}}$$

$$S_B = S_{y/x} \sqrt{\frac{1}{M} + \frac{\bar{x}^2}{Q_{xx}}}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}{M - 2}}$$

Evaluación de Tipo B de la incertidumbre estándar

Es evaluada mediante el juicio científico basado en toda la información disponible respecto a la variabilidad de la fuente.

- datos obtenidos de mediciones anteriores
- experiencia o conocimientos generales sobre el comportamiento y las propiedades de los materiales e instrumentos relevantes;
- especificaciones de los fabricantes;
- datos obtenidos de calibraciones y de otros certificados

Identificación de las fuentes de incertidumbre. Diagrama de espina de pescado



Habitualmente es necesario desarrollar y registrar una lista de fuentes de incertidumbre relevantes para un método analítico. Es útil estructurar este proceso, tanto para asegurar una cobertura completa como para evitar sobre-conteo.

Los méritos de GUM

Mejora la transparencia del cálculo de incertidumbre, es decir, el cálculo puede ser reproducido por otros.

GUM no separa entre componente aleatorio y componente sistemático (como lo hace el análisis de error clásico).

En su lugar, se tratan de una manera más consistente a medida que se corrige el mensurando (cantidad de interés) para todos los efectos sistemáticos significativos reconocidos.

Esto da como resultado un único valor de incertidumbre combinado.

Implementar el enfoque GUM para un procedimiento analítico específico ayuda / exige organizar (y reflexionar) el procedimiento analítico.

En este momento, hay programas de software comerciales disponibles que ayudan a realizar la mayoría o todos los cálculos matemáticos necesarios para realizar una evaluación GUM.

Ejemplo

VALIDACIÓN DEL MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE URANIO EN MUESTRAS ACUOSAS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X POR REFLEXION TOTAL (TXRF).

El Laboratorio realiza la validación del método de determinación de uranio en muestras acuosas.

Evalúa la incertidumbre del método:

Identifica las fuentes de incertidumbre y selecciona las cuantificables.

Combina las contribuciones de las fuentes de incertidumbre.

Multiplica por el factor de cobertura.



2023
AÑO DE
Francisco
VILA

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

En el cálculo de la concentración de U en agua por TXRF el laboratorio identifica las distintas fuentes de incertidumbre: espesor de la muestra en el soporte, lugar de sembrado en el reflector, instrumento de medición, conteo de fondo instrumental, redondeo, cifras significativas, solución estándar empleada, masa de la solución agregada, efectos atribuibles al operador, efectos aleatorios.

Por un lado, se presenta la evaluación con las incertidumbres provenientes de cada fuente individual cuantificable y su combinación por cálculo de propagación de errores.

Preparación de las soluciones de referencia para la calibración de sensibilidades instrumentales.

Preparación de las muestras a analizar.

Medición de las soluciones de calibración.

Medición de las muestras a analizar.

Procesamiento de los espectros medidos.

Establecimiento de la curva de calibración de sensibilidad instrumental

Cálculo de la concentración de las muestras.



La concentración de U está dada por la ecuación:

$$W_i = \frac{1}{FD} \times \frac{N_i}{N_{st}} \frac{S_{st} * W_{st}}{S_i}$$

La incertidumbre asociada:

$$u_{c_2}(W_i) = W_i \cdot \left(\frac{u_{c_2}(FD)}{FD} + \frac{u_{c_2}(N_i)}{N_i} + \frac{u_{c_2}(N_{st})}{N_{st}} + \frac{u_{c_2}(S_i)}{(S_i)^2} + \frac{u_{c_2}(W_{st})}{W_{st}} \right)^{1/2}$$

El factor de dilución $FD = \frac{V_{muestra}}{V_{final}}$

$$\frac{u_{c_2}(FD)}{(FD)^2}$$

Las incertidumbres del conteo N están vinculadas al factor de calidad χ^2

La incertidumbre asociada a la sensibilidad relativa experimental, está vinculada a la curva de calibración

La incertidumbre asociada la concentración del estándar interno está dada por el valor del certificado de la solución de estándar de referencia y la dilución

$$W_{St} = \frac{V_{añadido} W_{St}^{Sol. Ref}}{V_{muestra}}$$

Para establecer un factor de incertidumbre único en todo el rango, y con cualquiera de los cuatro analistas posibles, se incluye en el cálculo los parámetros de precisión intermedia y el sesgo.

Estas incluyen las correspondientes a la solución de referencia (MR), el sesgo (ses), la precisión intermedia (p) la cual contempla a los analistas del laboratorio, el resto de las fuentes correspondiente al conteo, sensibilidad y volumen son considerados en este caso, como y N.

Los factores se trabajan en forma porcentual de $u(x_i)/x$:

1.34±0.04 mg/L	
Precisión intermedia (p)	6,2%
Sesgo (ses)	4,2%
Incertidumbre sesgo	2,1%
Incertidumbre MR	3,0%
Incertidumbre N	3,5%
Incertidumbre combinada	9,0%
Incertidumbre expandida $k=2$	18,1%

La incertidumbre total expandida tiene un $k=2$.



Métodos empíricos – NordTest

Propone un modelo donde la reproducibilidad intra-laboratorio (R_w) es combinada con estimaciones del sesgo del método y del laboratorio.

La manera alternativa es construir un diagrama de espina de pescado detallado y calcular/estimar las contribuciones individuales de la incertidumbre. Esta aproximación puede ser muy útil cuando se estudian o cuantifican los componentes individuales de la incertidumbre.

Sin embargo, ha sido mostrado que en algunos casos ésta metodología subestima la incertidumbre de la medición, parcialmente debido a que es difícil incluir todas las posibles contribuciones de la incertidumbre en este tipo de aproximaciones.

Utilizando los datos del control de calidad (QC) y de la validación del método, ya existentes y determinados experimentalmente, la probabilidad de incluir todas las contribuciones de la incertidumbre será maximizada.

Efectos que contribuyen a la incertidumbre

Aleatorios

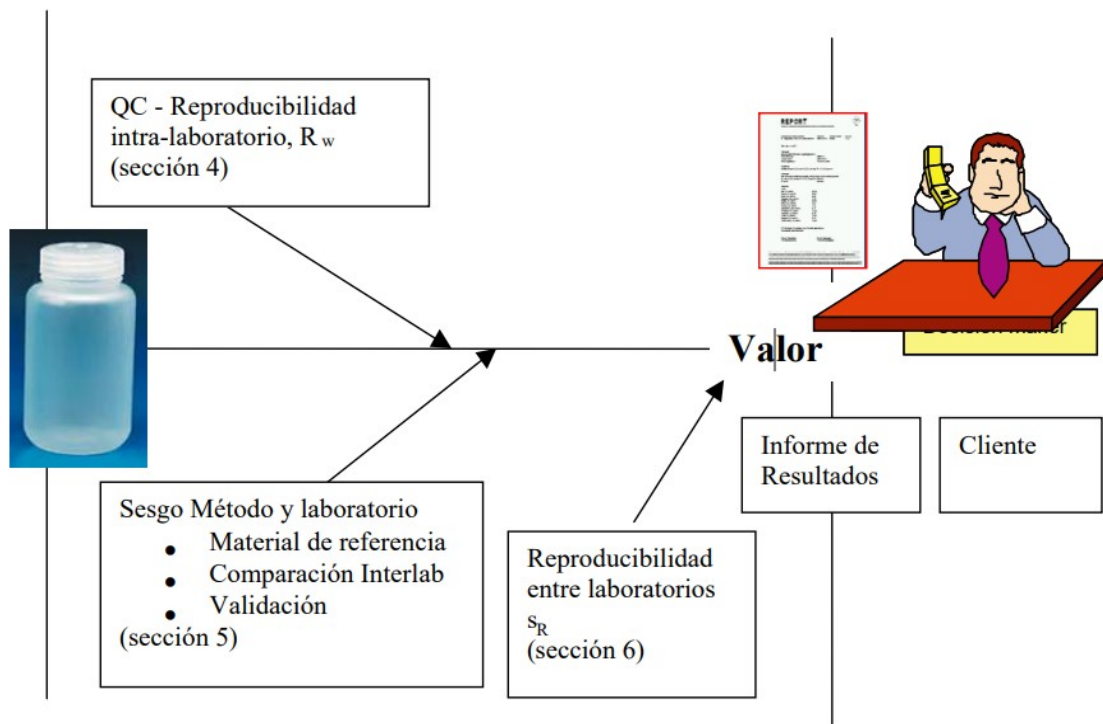
$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$$

Sistemáticos

Ambos se evalúan en un periodo largo y se combinan.

Modelo incertidumbre de la medición – diagrama de espina de pescado

Cubre el proceso analítico desde la llegada de las muestras hasta el informe final de resultados



Modelo de medición de incertidumbre (diagrama de espina de pescado), donde la reproducibilidad intra-laboratorio es combinada con una estimación del sesgo del método y del laboratorio. Además, la incertidumbre combinada u se puede estimar directamente a partir de la reproducibilidad entre laboratorios (s_R).

NordTest

- En el enfoque Nordtest, la incertidumbre se considera debida a dos componentes:

$$u_c = \sqrt{u(R_w)^2 + (u(\text{sesgo}))^2}$$

- El componente de reproducibilidad (**within-lab reproducibility**) dentro del laboratorio (precisión intermedia). Este componente de incertidumbre tiene en cuenta todas las fuentes de incertidumbre que son aleatorias **a largo plazo** (es decir, varios meses, preferiblemente un año). Por lo tanto, algunas fuentes de incertidumbre que son sistemáticas en un día se volverán aleatorias a largo plazo.
- El componente de sesgo (**Bias**). Este componente tiene en cuenta los efectos sistemáticos que causan un sesgo a largo plazo (pero no los que causan un sesgo en un día determinado). El sesgo **a largo plazo** se puede considerar como la suma del sesgo del procedimiento (sesgo inherente a la naturaleza del procedimiento) y el sesgo de laboratorio (sesgo causado por la forma en que se implementa el procedimiento en el laboratorio).

Reproducibilidad intra-laboratorio - $u(Rw)$

Muestras controles estables que cubren el proceso analítico completo. Generalmente una muestra a bajo nivel de concentración y una a un nivel alto de concentración.

Que la estimación cubra todos los pasos en la cadena analítica.

Es igualmente importante cubrir las variaciones a largo plazo de algunos componentes de incertidumbre sistemáticos dentro del laboratorio, por ejemplo, los causados por soluciones stock diferentes, nuevos lotes de reactivos críticos, recalibraciones de equipos, etc.

El número de resultados debería idealmente ser más de 50 y cubrir un periodo de tiempo de aproximadamente un año.



Sesgo del Método y del Laboratorio – $u(\text{sesgo})$

El posible sesgo (Bias) del procedimiento del laboratorio se puede evaluar de alguna estimación del “valor verdadero”:

La incertidumbre del sesgo $u(\text{bias})$ se puede obtener:

- Análisis repetidos de la misma muestra con un procedimiento de referencia.
- Análisis repetidos de CRMs (material de referencia certificado)
- Comparaciones interlaboratorio o proficiency tests
- Experimentos de *spiking* repetidos

$$u(\text{bias}) = \sqrt{RMS_{\text{bias}}^2 + u(\text{Cref})^2}$$

$$\text{bias}_i = C_{\text{lab}_i} - C_{\text{ref}_i} \quad RMS_{\text{bias}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{bias}_i)^2}{n}}$$

$$u(\text{Cref}_i) = \frac{s_i}{\sqrt{n_i}} \quad u(\text{Cref}) = \sqrt{\frac{\sum u(\text{Cref}_i)^2}{n}}$$

- n : the number of bias estimates used
 - If n is too small then the bias component will include a large share of random effects and may be overestimated



Calidad en los Laboratorios

ASEGURAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Control de Equipos

Controles periódicos en los equipos de TXRF y FRX

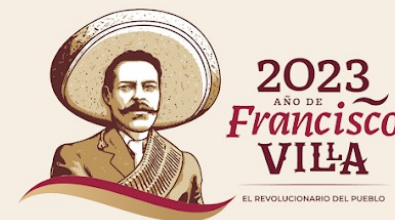
Corrección de ganancia

Sensibilidad

Resolución espectroscópica FWHM

Precisión intermedia de la cuantificación

Drift correction de curvas de calibración




Control de Equipos

Balanza Analítica

Registro del proceso de ajuste de pesa interna de la propia balanza.

Calibración


CERTIFICADO DE CALIBRACION N°
LCIM-B1537/2023

DATOS DEL CLIENTE
CLIENTE: GASNYA-GERENCIA QUIMICA-DEPARTAMENTO QUIMICA ANALITICA-LABORATORIO FRX
DIRECCIÓN: AV.GRAL.PAZ 1499 LABORATORIO B025/B021/OFICINA B029-ED.42 TANDAR
TEL/FAX: 6772-7885
E-MAIL: fxc@cnea.gov.ar

DATOS DE LA BALANZA
MARCA: METTLER
MODELO: AE163
CÓDIGO INTERNO: 64218
N° SERIE: 004707
CARGA MÁXIMA (g): 30 160
RESOLUCIÓN (g): 0,00001 0,0001


CONDICIONES AMBIENTALES
Inicial Final
Temperatura (°C): 24,1 24,1
Humedad relativa (%): 47,0 36
Presión atmosférica (hPa): 1016,9 1015,9

FECHA DE CALIBRACIÓN Y EMISIÓN
Fecha de calibración: 13/4/2023 Fecha de emisión: 17/4/2023

DOCUMENTACION DE REFERENCIA
Descripción Código
Calibración de Balanzas Electrónicas IT-LCIM-01
Calculo de incertidumbre en calibraciones de balanzas IT-LCIM-02

Laboratorio de Calibración de Instrumentos de Medición (LCIM)
Depto. Calidad y Metrología - Gerencia Gestión de la Calidad
Gerencia de Área Seguridad Nuclear y Ambiente
Av. Gral Paz 1499 - Edificio 29 - San Martín
TEL: 6772-7296/7288 lcim@cnea.gov.ar

Notas: Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento en el momento de las mediciones. El laboratorio de calibración que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de este certificado.
El certificado no debe reproducirse en forma parcial sin la aprobación del laboratorio.


CERTIFICADO DE CALIBRACION N°
LCIM-B1537/2023

CONTROL DEL ESTADO DE LA BALANZA PREVIO AL AJUSTE

Carga	0	1/2 C-Max	1/2 C-Max	1/2 C-Max	C-Max
Indicación (g)	0,00000	49,9995	79,9992	119,9989	159,9986

PRUEBA DE MOVILIDAD

Carga mínima (g)	Carga utilizada (g)	Lectura (g)
0,00001	0,00100	0,00100

PRUEBA DE EXCENTRICIDAD

Carga de prueba (g): 10

Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	
Indicación (g)	9,99994	9,99992	9,99996	9,99994	9,99988
Resultado (g)	-0,00006				

Carga de prueba (g): 100

Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	
Indicación (g)	69,9995	69,9992	69,9996	69,9993	69,9990
Resultado (g)	-0,0005				

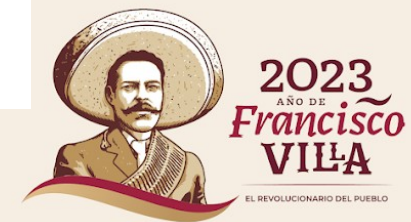
PRUEBA DE REPETIBILIDAD

Carga de prueba (g): 20

Cero (g)	Carga (g)
1	0,00000 19,99988
2	0,00000 19,99989
3	0,00003 19,99986
4	0,00001 19,99983
5	0,00000 19,99984
6	0,00000 19,99986
7	0,00000 19,99988
8	0,00000 19,99985
9	0,00003 19,99986
10	0,00001 19,99983
Resultado (g)	0,00002

Carga de prueba (g): 100

Cero (g)	Carga (g)
1	0,0000 99,9995
2	0,0000 99,9993
3	0,0000 99,9994
4	0,0000 99,9992
5	0,0000 99,9993
6	0,0000 99,9992
7	0,0000 99,9994
8	0,0000 99,9992
9	0,0000 99,9995
10	0,0000 99,9992
Resultado (g)	0,0001



Control de Equipos

Balanza Analítica

Registro del proceso de ajuste de pesa interna de la propia balanza.

Calibración



CERTIFICADO DE CALIBRACION N°
LCIM-B1537/2023



CONTROL DE RANGO DE USO

Rango 1				Rango 2			
Carga (g)	Indicación (g)	Error (g)	Incertidumbre (g)	Carga (g)	Indicación (g)	Error (g)	Incertidumbre (g)
0,000	0,00000	0,00000	0,00007	0,000	0,0000	0,0000	0,0003
0,001	0,00097	-0,00003		0,001	0,0010	0,0000	
0,003	0,00295	-0,00005		0,003	0,0030	0,0000	
0,008	0,00795	-0,00005		0,008	0,0079	-0,0001	
0,010	0,00996	-0,00004		0,010	0,0100	0,0000	
0,030	0,02998	-0,00002	0,00006	0,030	0,0300	0,0000	0,0003
0,080	0,07998	-0,00002		0,080	0,0800	0,0000	
0,100	0,09998	-0,00002		0,100	0,1000	0,0000	
0,300	0,29999	-0,00001	0,00007	0,300	0,3000	0,0000	0,0003
0,800	0,80000	0,00000		0,800	0,8000	0,0000	
1,000	0,99998	-0,00002		1,000	1,0000	0,0000	
3,000	2,99999	-0,00001	0,00010	3,000	3,0000	0,0000	0,0003
8,000	7,99996	-0,00004		8,000	7,9999	-0,0001	
10,000	9,99996	-0,00004		10,000	9,9999	-0,0001	
30,000	29,99983	-0,00017		30,000	29,9998	-0,0002	
			0,00064	80,000	79,9995	-0,0005	0,0004
				100,000	99,9994	-0,0006	
				110,000	109,9992	-0,0008	
				160,000	159,9992	-0,0008	



Control de Equipos Micropipetas

Calibración



Avenida 7 y Ruta 10 (1923) Berisso,
Bs. As. - ARGENTINA
Tel./Fax: 54 - 221 - 461 6894 - 464 4074
dtecnica@macsrl.com.ar - www.macsrl.com.ar



Laboratorio de Calibración
LC 016

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 9469 / 22

Página 1 de 2

SOLICITANTE: C. N. E. A. - Centro Atómico Constituyentes
Laboratorio de FRX - Dpto. Qca. Analítica
Av. General Paz N° 1499 (1650) - San Martín
Provincia de Buenos Aires

Fecha de calibración: 23/11/2022
Fecha de emisión: 24/11/2022

CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO: Pipeta a émbolo de volumen variable

Marca: Sartorius
Modelo: mLINe (100-1000 µl)
N° de serie: 16555434
Mínima indicación: 1 µl

DETERMINACIÓN REQUERIDA: Calibración de indicación volumen (a entregar).

PROCEDIMIENTO UTILIZADO: PTC-038

Se utilizó metodología gravimétrica pesando agua destilada liberada por la pipeta. Los valores de las pesadas fueron corregidos teniendo en cuenta la densidad y temperatura del agua, la densidad del aire ambiente y el coeficiente de expansión cúbica del material de la pipeta.

TRAZABILIDAD: La trazabilidad metrológica de las mediciones involucradas en el presente certificado se asegura a partir del uso de los siguientes patrones calibrados:

- PB 08:** Balanza semi micro analítica marca Shimadzu, modelo AUW 220 D, número de serie D450012090, con certificado de calibración MAC (OAA LC 016) N° 7952/21.
- PT 51:** Termómetro de líquido en vidrio marca FITE, modelo ASTM 17C, con certificado de calibración MAC (OAA LC 016) N° 8889/22.
- PHT 02:** Medidor de condiciones ambientales, con certificado de calibración MAC (OAA LC 016) N° 9012/22.
- PP 12:** Barómetro tipo fortín, con certificado de calibración MAC N° PP 12/18.

Los opiniones e interpretaciones del presente certificado están fuera del alcance de la acreditación.
Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración, los mismos solo están relacionados con los items calibrados.
MAC S.R.L. no se responsabiliza por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de los instrumentos calibrados y/o de este certificado.
La reproducción parcial de este certificado no es válida. Certificado sin firma y sello o sin firma electrónica, carecen de validez.



Avenida 7 y Ruta 10 (1923) Berisso,
Bs. As. - ARGENTINA
Tel./Fax: 54 - 221 - 461 6894 - 464 4074
dtecnica@macsrl.com.ar - www.macsrl.com.ar



Laboratorio de Calibración
LC 016

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 9469 / 22

Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS:

Item	Indicación del instrumento (µl)	Volumen obtenido a 20°C (µl)	Corrección (µl)	Incertidumbre (± µl)
1	100	99,3	-0,7	0,6
2	500	498,6	-1,4	1,5
3	1000	999,3	-0,7	1,5

La unidad µl se considera equivalente al mm³.

OBSERVACIONES:

Los puntos en que se realizó la calibración fueron solicitados por el cliente.

La calibración se realizó en el laboratorio de MAC S.R.L. Berisso, con las siguientes condiciones ambientales: 23,2±1 °C; 52±10 %HR y 1014±2 hPa

Se utilizó método directo y tips standard sin filtro, provistos por el cliente.

En la columna "Volumen obtenido a 20°C" se expresa el volumen corregido por temperatura con el coeficiente de expansión térmica 0,000240/°C. El mismo es resultado de doce determinaciones realizadas para cada punto calibrado.

La incertidumbre informada fue calculada combinando las incertidumbres de los patrones utilizados, de la resolución de indicación, la dispersión de las lecturas realizadas, las condiciones ambientales y de la temperatura del agua utilizada, en formato estándar. La misma fue expandida para un nivel de confianza aproximado al 95% bajo distribución normal (factor de cubrimiento utilizado k=2). Los cálculos fueron realizados de acuerdo con la norma IRAM 35050 "Procedimientos para evaluación de la incertidumbre de medición".

El instrumento ingresó a MAC S.R.L., con O.T. (Orden de Trabajo) N° 28318.

Fin del certificado.

MAC S.R.L.
Ing. JOSÉ L. ALLEVATO
Director Técnico

Los opiniones e interpretaciones del presente certificado están fuera del alcance de la acreditación.
Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración, los mismos solo están relacionados con los items calibrados.
MAC S.R.L. no se responsabiliza por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de los instrumentos calibrados y/o de este certificado.
La reproducción parcial de este certificado no es válida. Certificado sin firma y sello o sin firma electrónica, carecen de validez.



2023
AÑO DE
Francisco
VILA

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

Control de Equipos Micropipetas

Verificación periódica

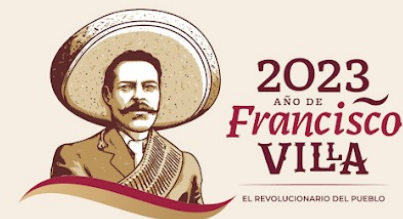
K14											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
FO-GO_FRX-015 r0											
Laboratorio	Verificación de micropipetas.		Aceptación o rechazo.							Pagina 1 de 1	
Fluorescencia de Rayos X											
FRX											
Fecha:		Responsable:									
Codigo pipeta:		FRX-1mL									
Temperatura ambiente:		c									
Presión atmosferica:		hPka									
Z		1,0033									
Volumen (ml)		1									
Recipiente vacio (g)		7,0386		Masa pesada (g)		Calculado		CRITERIOS			
				Promedio:		1,0034		Proveedor ISO 8655 Laboratorio			
m1		8,0431		1,0078		aleatorio		s: 3,98 3			
m2		9,0475		1,0077		aleatorio		cv: 0,4% 1,0%			
m3		10,052		1,0078		aleatorio		es %: 0,34% 1,6%			
m4		11,0542		1,0055		sistemático		es: 3,41 8			
m5		12,0552		1,0043							
m6		13,055		1,0031							
m7		14,0542		1,0025							
m8		15,0507		0,9998							
m9		16,0463		0,9989							
m10		17,0397		0,9967							
						ACEPTA		RECHAZA			

Programa de calibraciones y verificación

FO-GO_FRX-021 r0		Programa de calibraciones y verificaciones												Página: Año:														
Código	Descripción	Calibración												Resp.	Verificación												Resp.	Instructivos correspondientes y observaciones generales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		

Adiciones: Los casilleros con número corresponden a los meses del año. Al realizar la programación completar con un círculo el mes en que se debe realizar la tarea. Cuando esto mismo se realice borrar dentro del círculo. // Resp.: Responsable // Si la programación no corresponde al año vigente, colocar en el casillero vacío ubicado por debajo de los 12 casilleros de los meses, el año en el cual correspondiera realizar la actividad.

Carta control



Control de Equipos Matraces Clase A

Programa de calibraciones y verificación

Verificación periódica

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Nº Matraz:	2	Fecha:	15/03/2023										
2	Iniciales:	LV	Presión(hPa):	1006	z max	zmin								
3	Temperatura (°C):	24,75	Volúmen(ml):	10	1,0039	1,004								
4			Valor z:	1,0036	uz:	-2,88675E-05								
5					ubal:	0,0001								
6	Peso del matraz (g):	13,3769			um:	0,0021767843								
7		masa (g)	(Wf-Wi) * Z		uv:	0,0021913249								
8	Pesada1	23,3654	10,0245				0,02 %							
9	Pesada2	23,3669	10,0260											
10	Pesada3	23,3606	10,0196											
11	Pesada4	23,3576	10,0166			U:	0,0044							
12	Pesada5	23,3557	10,0147				0,04 %							
13			10,0203											
14			0,0049											
15			0,0022											
16			0,05 %											
17														
18								Acceptado		Rechazado				
19								<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				
20														
21														

Código	Descripción	Calibración												Resp.	Verificación												Resp.	Instrucciones correspondientes y observaciones generales
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		

Aclaraciones: Las casilleros con número corresponden a los meses del año. Al realizar la programación completar con un círculo el mes en que se debe realizar la tarea. Cuando esto mismo se realice 5 días dentro del ciclo. // Resp.: Responsable. // Si la programación no corresponde al año vigente, colocar en el casillero vacío ubicada por debajo de los 12 casilleros de los meses, el año en el cual correspondiente realizar la actividad.

Carta control



Control de Equipos SER Soluciones estándares de referencia

www.sigmaaiaircn.com

Certificate of Analysis – Certified Reference Material

Certipur® Gallium ICP Standard 1000 mg/l Ga



Product no.: 1.70319.0100
Lot no.: HC14789719
Description of CRM: Gallium ICP Standard 1000 mg/l Ga
Expiry date: 2025/01/31
Storage: +15°C to +25°C tightly closed in the original container
Composition: Ga(NO₃)₃ in HNO₃ 2-3% Suprapur®

Trazable a SRM de NIST,
Ga(NO₃)₃ en HNO₃ 2-3 %
1000 mg/l Ga

Analyte	Certified value as mass fraction	Associated uncertainty, $U=k \cdot u$ ($k=2$) as mass fraction
Ga	987 mg/kg	± 6 mg/kg

Metrological traceability: Directly traceable to NIST SRM 3119a, lot 140124
Measurement method: Inductively coupled plasma optical emission spectrometry ICP-OES
Intended use: This reference material is intended for use as a calibration standard in element analysis.
Instructions for handling and correct use: Shake well before use and never pipet directly from the original container. See Details for correct use on page 2.
Health and safety information: Please refer to the Safety Data Sheet for detailed information about the nature of any hazard and appropriate precautions to be taken.
Accreditation: Merck KGaA, Darmstadt, Germany is accredited by the German accreditation authority DAkkS as registered reference material producer D-RM-15185-01-00 in accordance with ISO 17034.
Certificate issue date: 2021/01/15



CRM released by Approving Officer
or delegate LS-OII-QS3

A. Yildirim

Diol.-Ina. Avfer Yildirim

Almacenamiento de la SER y de las diluciones.

Registro de soluciones - Trazabilidad



Deconvolución. Error estadístico Sigma y el Factor de Calidad

Para cada pico de fluorescencia deconvolucionado se calcula la desviación estándar absoluta derivada del error estadístico del pico global y del fondo:

$$\delta_i = \sqrt{N_i + 2N_{BG}}$$

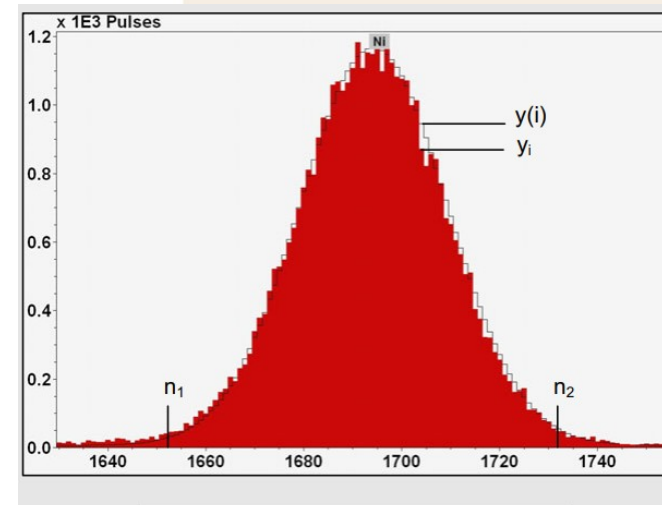
δ_i = desviación estándar del área de señal

N_i = área neta

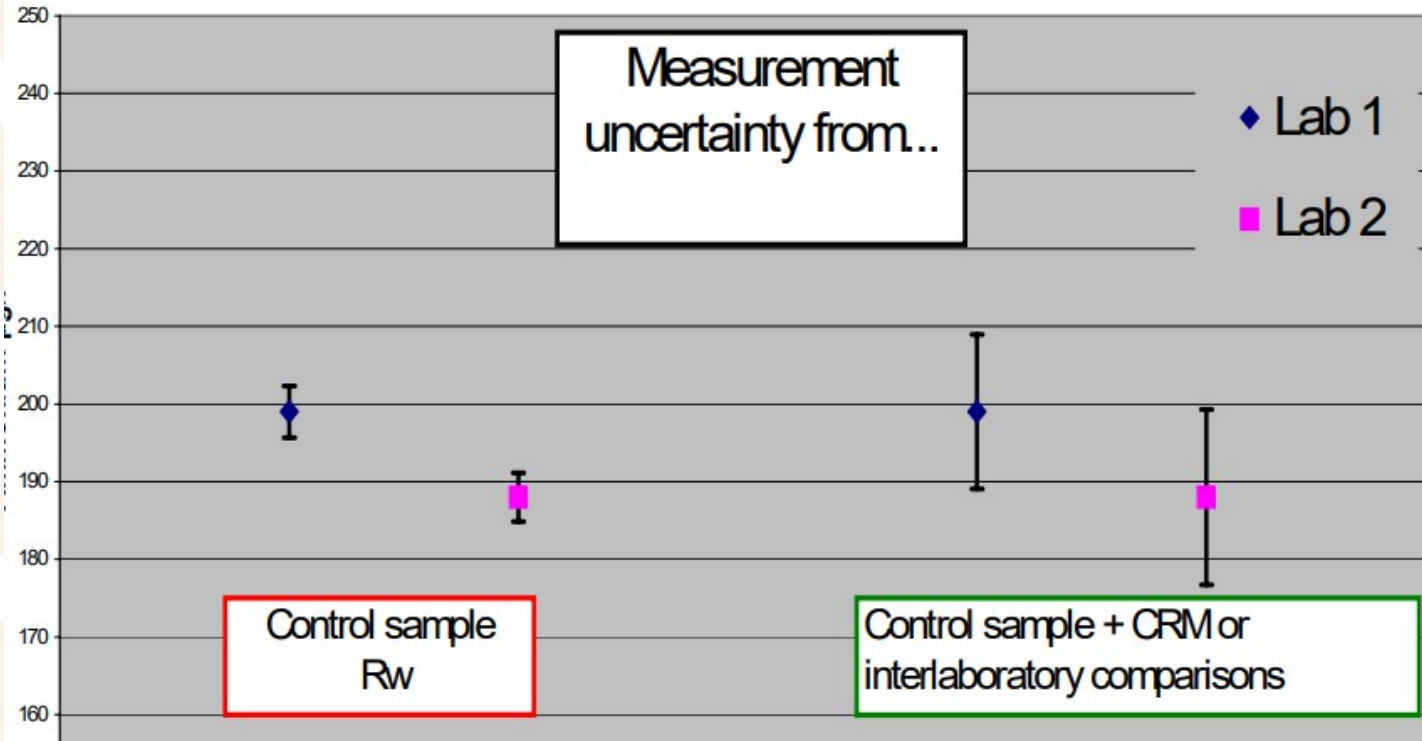
N_{BG} = área de fondo

El factor de calidad es un parámetro que permite hacer una estimación de la calidad de la deconvolución

$$\chi^2 = \frac{1}{n_2 - n_1} \sum_{i=n_1}^{n_2} \frac{1}{\delta_i^2} (y_i - y(i))^2$$



Resultados Informados



En la izquierda las barras de error son calculadas a partir de los resultados de la muestra control ($\pm 1s$) y a la derecha las barras de error corresponden a la incertidumbre expandida.

Es importante recalcar que algunas componentes vitales de la incertidumbre de la medición no son incluidas, como por ejemplo;

Muestreo

Transporte de las muestras

Posiblemente errores graves que ocurren durante el almacenamiento y recuperación de los datos.

Si hay una correlación entre algunos de los componentes entonces esto tiene que tenerse en cuenta mediante la determinación de la covarianza.

La Incertidumbre de medida no implica duda sobre la validez de una medida; al contrario, el conocimiento de la incertidumbre implica un aumento de la confianza en la validez del resultado de una medición.



Evaluación de la calidad analítica con materiales certificados de referencia MRC

Se pueden encontrar las clases siguientes de materiales de referencia:

Material de referencia primario

Materiales de referencia secundarios

Material de referencia preparado por el laboratorio o de trabajo



*Incertidumbre
decreciente*

Dos clases de materiales son reconocidas por ISO, denominados “materiales de referencia certificados” (MRCs) y “materiales de referencia” (MRs)

“Materiales de Referencia Standard” del NIST (MRSs)



Materiales de referencia certificados



National Institute of Standards & Technology

Certificate of Analysis

Standard Reference Material® 2710

Montana Soil

Highly Elevated Trace Element Concentrations

This Standard Reference Material (SRM) is intended primarily for use in the analysis of soils, sediments, or other materials of a similar matrix. SRM 2710 is a highly contaminated soil that was oven-dried, sieved, radiation sterilized, and blended to achieve a high degree of homogeneity. A unit of SRM 2710 consists of 50 g of the dried material.

The certified elements for SRM 2710 are given in Table 1. The values are based on measurements using one definitive method or two or more independent and reliable analytical methods. Noncertified values for a number of elements are given in Table 2 as additional information on the composition. The noncertified values should **NOT** be used for calibration or quality control. Analytical methods used for the characterization of this SRM are given in Table 3 along with analysts and cooperating laboratories. All values (except for carbon) are based on measurements using a sample weight of at least 250 mg. Carbon measurements are based on 100 mg samples.

NOTICE AND WARNINGS TO USERS

Expiration of Certification: This certification of SRM 2710 is valid, within the measurement uncertainties specified, until **31 December 2011**, provided the SRM is handled in accordance with instructions given in this certificate (see *Instructions for Use*). This certification is nullified if the SRM is damaged, contaminated, or otherwise modified.

Maintenance of SRM Certification: NIST will monitor this SRM over the period of its certification. If substantive technical changes occur that affect the certification before the expiration of this certificate, NIST will notify the purchaser. Return of the attached registration card will facilitate notification.

The overall direction and coordination of the analyses were under the chairmanship of M.S. Epstein and R.L. Watters, Jr. of the NIST Analytical Chemistry Division of the NIST Measurement Services Division.

Statistical consultation was provided by S.B. Schiller of the NIST Statistical Engineering Division.

The technical and support aspects involved in the original preparation, certification, and issuance of this SRM were coordinated through the NIST Standard Reference Materials Program by T.E. Gills and J.S. Kane. Revision of this certificate was coordinated through the NIST Standard Reference Materials Program by B.S. MacDonald of the NIST Measurement Services Division.

Willie E. May, Chief
Analytical Chemistry Division

John Rumble, Jr., Chief
Measurement Services Division

Gaithersburg, MD 20899
Certificate Issue Date: 18 July 2003
See *Certificate Revision History* on Page 6

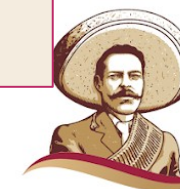
INSTRUCTIONS FOR USE

Use: A minimum sample weight of 250 mg (dry weight - see Instructions for Drying) should be used for analytical determinations to be related to the certified values on this Certificate of Analysis.

To obtain the certified values, sample preparation procedures should be designed to achieve complete dissolution. If volatile elements (i.e., mercury (Hg), arsenic (As), selenium (Se)) are to be determined, precautions should be taken in the dissolution of SRM 2710 to avoid volatilization losses.

Instructions for Drying: When nonvolatile elements are to be determined, samples should be dried for 2 h at 110 °C. Volatile elements (i.e., Hg, As, Se) should be determined on samples as received; separate samples should be dried as previously described, to obtain a correction factor for moisture. Correction for moisture is to be made to the data for volatile elements before comparing to the certified values. This procedure ensures that these elements are not lost during drying. The weight loss on drying has been found to be in the range of 1.7 % to 2.3 %.

Trazables al NIST- National Institute of
Standards and Technology



2023
AÑO DE
Francisco
VILLA

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

PREPARATION AND ANALYSIS

Source and Preparation of Material: The U.S. Geological Survey (USGS), under contract to NIST, collected and processed the material for SRM 2710. The soil was collected from the top 10 cm (4 in) of pasture land located at Longitude 112° 47' and Latitude 46° 01' along Silver Bow Creek in the Butte, Montana area. The site is approximately nine miles east of the local Anaconda plant and 6.5 miles south of settling ponds that feed the creek. The creek periodically floods, depositing sediment with high concentrations of copper, manganese, and zinc at the collection site. The material was shoveled from a 6.1 m × 6.1 m (20 ft × 20 ft) area into polyethylene bags in cardboard cartons for shipment to the USGS laboratory for processing.

The material was spread on 30.5 cm × 61 cm (1 ft × 2 ft) polyethylene-lined drying trays in an air drying oven and dried for three days at room temperature. The material was then passed over a vibrating 2 mm screen to remove plant material, rocks, and large chunks of aggregated soil. Material remaining on the screen was deaggregated and rescreened. The combined material passing the screen was ground in a ball mill to pass a 74 µm screen and blended for 24 h. Twenty grab samples were taken and measured for the major oxides using X-ray fluorescence spectrometry and for several trace elements using inductively coupled plasma atomic emission analysis to provide preliminary assessment of the homogeneity of the material prior to bottling. The material was bottled into 50 g units and randomly selected bottles were taken for the final homogeneity testing.

Analysis: The homogeneity, using selected elements in the bottled material as indicators, was assessed using X-ray fluorescence spectrometry and neutron activation analysis. In a few cases, statistically significant differences were observed, and the variance due to material inhomogeneity is included in the overall uncertainties of the certified values. The estimated relative standard deviation for material inhomogeneity is less than 2 % for those elements for which homogeneity was assessed.

Certified Values and Uncertainties: The certified values are weighted means of results from two or more independent analytical methods, or the mean of results from a single definitive method, except for mercury. Mercury certification is based on cold vapor atomic absorption spectrometry used by two different laboratories employing different methods of sample preparation prior to measurement. The weights for the weighted means were computed according to the iterative procedure of Paule and Mandel [1]. The stated uncertainties include allowances for measurement imprecision, material variability, and differences among analytical methods. Each uncertainty is the sum of the half-width of a 95 % prediction interval and includes an allowance for systematic error among the methods used. In the absence of systematic error, a 95 % prediction interval predicts where the true concentrations of 95 % of the samples of this SRM lie. The certified values were corroborated by analyses from nine Polish laboratories cooperating on the certification under the direction of T. Plebanski and J. Lipinski, Polish Committee for Standardization, Measures, and Quality Control. The Polish laboratory work was supported by the Maria Skłodowska-Curie Joint Fund.

Table 1. Certified Values

Element	Mass Fraction (%)	Element	Mass Fraction (mg/kg)
Aluminum	6.44 ± 0.08	Antimony	38.4 ± 3
Calcium	1.25 ± 0.03	Arsenic	626 ± 38
Iron	3.38 ± 0.10	Barium	707 ± 51
Magnesium	0.853 ± 0.042	Cadmium	21.8 ± 0.2
Manganese	1.01 ± 0.04	Copper	2950 ± 130
Phosphorus	0.106 ± 0.015	Lead	5532 ± 80
Potassium	2.11 ± 0.11	Mercury	32.6 ± 1.8
Silicon	28.97 ± 0.18	Nickel	14.3 ± 1.0
Sodium	1.14 ± 0.06	Silver	35.3 ± 1.5
Sulfur	0.240 ± 0.006	Vanadium	76.6 ± 2.3
Titanium	0.283 ± 0.010	Zinc	6952 ± 91

Noncertified Values: Noncertified values shown below are provided for information only. An element concentration value is not certified if a bias is suspected in one or more of the methods used for certification, or if two independent methods are not available.

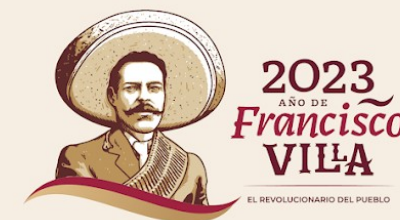
Table 2. Noncertified Values

Element	Mass Fraction (%)	Element	Mass Fraction (mg/kg)
Carbon	3	Bromine	6
		Cerium	57
		Cesium	107
		Chromium	39
		Cobalt	10
		Dysprosium	5.4
		Europium	1
		Gallium	34
		Gold	0.6
		Hafnium	3.2
		Holmium	0.6
		Indium	5.1
		Lanthanum	34
		Molybdenum	19
		Neodymium	23
		Rubidium	120
		Samarium	7.8
		Scandium	8.7
		Strontium	330
		Thallium	1.3
		Thorium	13
		Tungsten	93
		Uranium	25
		Ytterbium	1.3
		Yttrium	23

Los valores certificados obtienen los máximos estándares de fiabilidad. Son rastreables a referencias indicadas y acompañadas por una declaración de incertidumbre expandida compatible GUM.

Los valores indicativos no están certificados bien por una incertidumbre mayor que la necesaria para el uso previsto o por una variedad insuficiente de métodos utilizados en la clasificación. Así pues, la información no es apta para certificación en la precisión necesaria para valores certificados.

La información de material adicional se corresponde con valores creados durante el ejercicio de certificación y son normalmente el resultado de un sólo método, e indican el orden de magnitud, en lugar de un valor preciso



Geological Materials & Ores

Ores (powder form)

SRM	Description	Unit of Issue
25d	Manganese Ore	60 g
180	Fluorspar, High Grade	120 g
182	Lithium Ore (Petalite)	45 g
183	Lithium Ore (Lepidolite)	45 g
277	Tungsten Concentrate	100 g
330a	Copper Ore Mill Heads	90 g
331a	Copper Ore Mill Tails	40 g
423	Molybdenum Oxide Concentrate	50 g

See [Table 111.2\(1\)](#) on the website for more information.

Ores (powder form)

SRM	Description	Unit of Issue
670	Rutile Ore	90 g
690	Iron Ore Canada	100 g
691	Iron Oxide, Reduced	100 g
692	Iron Ore, Labrador	100 g
693	Iron Ore (Nimba)	100 g
886	Refractory Gold Ore	200 g
1835	Borate Ore	60 g
2430	Scheelite Ore	100 g

See [Table 111.2\(2\)](#) on the website for more information.

Ores (powder form) Phosphate Rocks and Bauxites

SRM	Description	Unit of Issue
69b	Bauxite (Arkansas)	60 g
120c	Phosphate Rock (Florida)	90 g
600	Bauxite, Australian-Darling Range	90 g
694	Phosphate Rock, Western	90 g
696	Bauxite, Surinam	60 g
697	Bauxite, Dominican	60 g
698	Bauxite, Jamaican	60 g

See [Table 111.2\(3\)](#) on the website for more information.

Clays (powder form)

SRM	Description	Unit of Issue
97b	Flint Clay	60 g
98b	Plastic Clay	60 g
679	Brick Clay	75 g

See [Table 111.4](#) on the website for more information.

Rock and Minerals (powder form)

SRM	Description	Unit of Issue
1d	Limestone, Argillaceous	70 g
70b	Potassium Feldspar	40 g
81a	Glass Sand	75 g
88b	Dolomitic Limestone	75 g
99b	Soda Feldspar	40 g
165a	Glass Sand	75 g
278	Obsidian Rock	35 g
607	Potassium Feldspar	5 g
688	Basalt Rock	60 g
1413	High Alumina Sand	75 g
2429	Flue Gas Desulfurization Gypsum	200 g
2780a	Hard Rock Mine Waste	50 g

See [Table 111.5](#) on the website for more information.

Geological Materials & Ores

Refractories (powder form)

SRM	Description	Unit of Issue
76a	Burnt Refractory (Al ₂ O ₃ -40%)	75 g
77a	Burnt Refractory (Al ₂ O ₃ -60%)	75 g
78a	Burnt Refractory (Al ₂ O ₃ -70%)	75 g
198	Silica Brick	45 g
199	Silica Brick	45 g

See [Table 111.6](#) on the website for more information.

Soils, Sediments, and Sludges (powder form)

SRMs 2586, 2587, 2700 2701, 2709a, 2710a, 2711a, 2781, 2782 also have non-certified leach data. See certificate for details and leach methods used.

SRM	Description	Unit of Issue
1646a	Estuarine Sediment	70 g
1944	New York/New Jersey Waterway Sediment	50 g
2586	Trace Elements in Soil Containing Lead From Paint (Nominal 500 mg/kg Lead)	55 g
2587	Trace Elements in Soil Containing Lead From Paint (Nominal 3000 mg/kg Lead)	55 g
2700	Hexavalent Chromium in Contaminated Soil (Low Level)	75 g
2701	Hexavalent Chromium in Contaminated Soil (High Level)	75 g
2702	Inorganics in Marine Sediment	50 g
2703	Sediment for Solid Sampling (Small Sample) Analytical Techniques	5 g
2706	New Jersey Soil, Organics and Trace Elements	50 g
2709a	San Joaquin Soil	50 g
2710a	Montana I Soil	50 g
2711a	Montana II Soil	50 g
2780a	Hard Rock Mine Waste	50 g
2781	Domestic Sludge	40 g
2782	Industrial Sludge	70 g
8704	Buffalo River Sediment	50 g

See [Table 111.7](#) on the website for more information.



Catalogo del NIST

FRX

MRC Curva de calibración

MRC Validación y Control de Calidad.

Independientes

Los MRC son costosos
Tener estrategias de simulación de matriz; de fortificación, MR etc.
Ventaja: la técnica es no destructiva

Comparación del resultado de una medida con el valor certificado

Requiere una comparación cuantitativa

Uso de un test estadístico.

Considerar las incertidumbres.

Establecer criterios de aceptación.

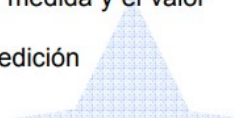
Este método tiene en cuenta el valor certificado, el resultado de la medición y sus incertidumbres respectivas. A continuación ambas incertidumbres se combinan y la incertidumbre ampliada resultante se compara con la diferencia.

$$\Delta_m = |c_m - c_{MRC}|$$

Δ_m valor absoluto de la diferencia entre el valor medio de la medida y el valor certificado

c_m valor medio de la medición

c_{MRC} valor certificado



$$u_\Delta = \sqrt{u_m^2 + u_{MRC}^2}$$

u_Δincertidumbre combinada del resultado y del valor certificado (= incertidumbre de Δ_m)

u_mincertidumbre del resultado de la medida

u_{MRC} incertidumbre del valor certificado

$$U_\Delta = 2 \cdot u_\Delta$$

U_Δincertidumbre ampliada de la diferencia entre el resultado y el valor certificado

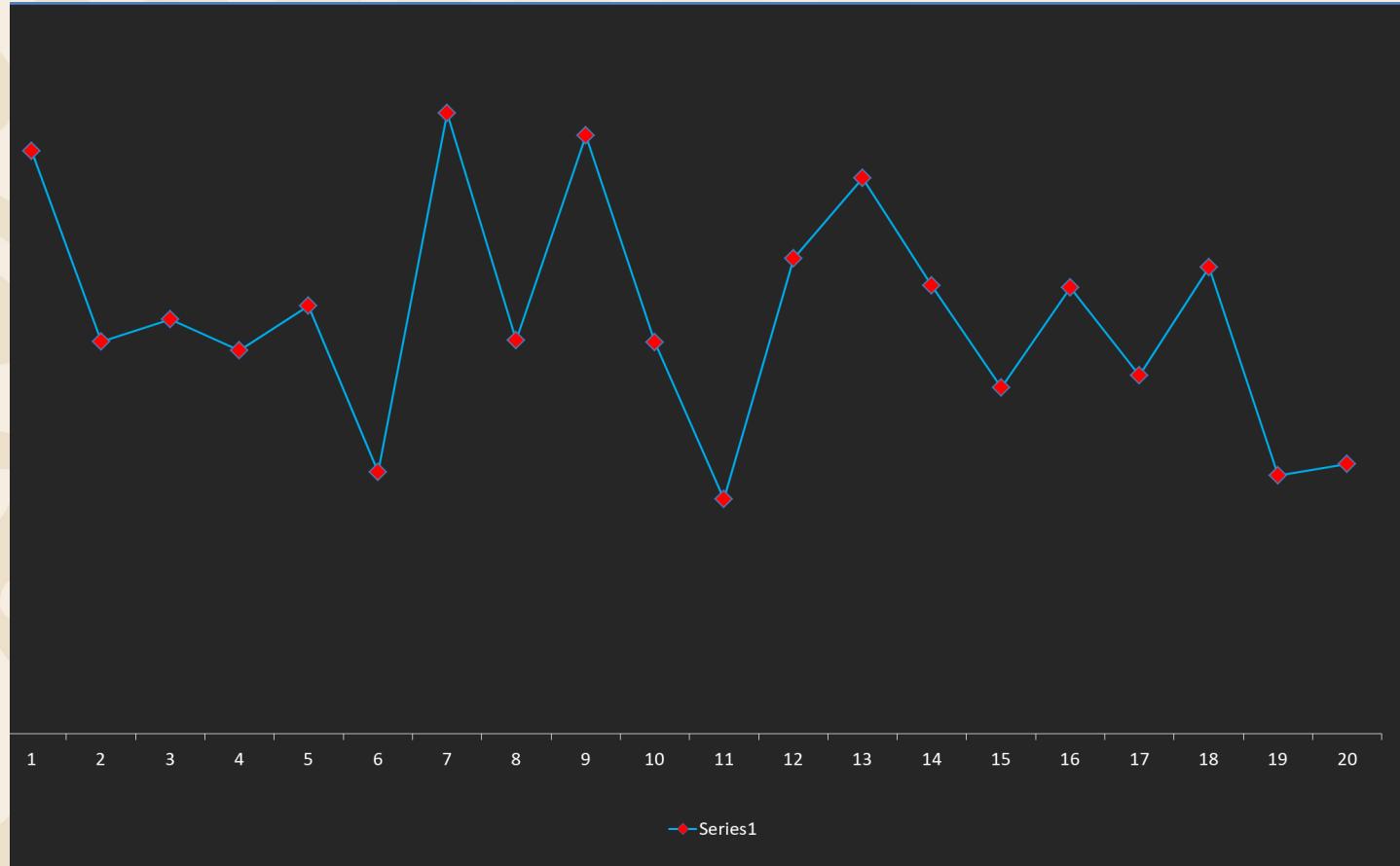
Para comprobar la bonanza del método, se compara Δ_m con U_Δ ; si $\Delta_m \leq U_\Delta$, no existe diferencia significativa entre el resultado de la medida y el valor certificado.

Nota de aplicación 1. Comparación del resultado de una medida con el valor certificado Comisión Europea – Centro Común de Investigación Instituto de Medidas y Materiales de Referencia. 2010



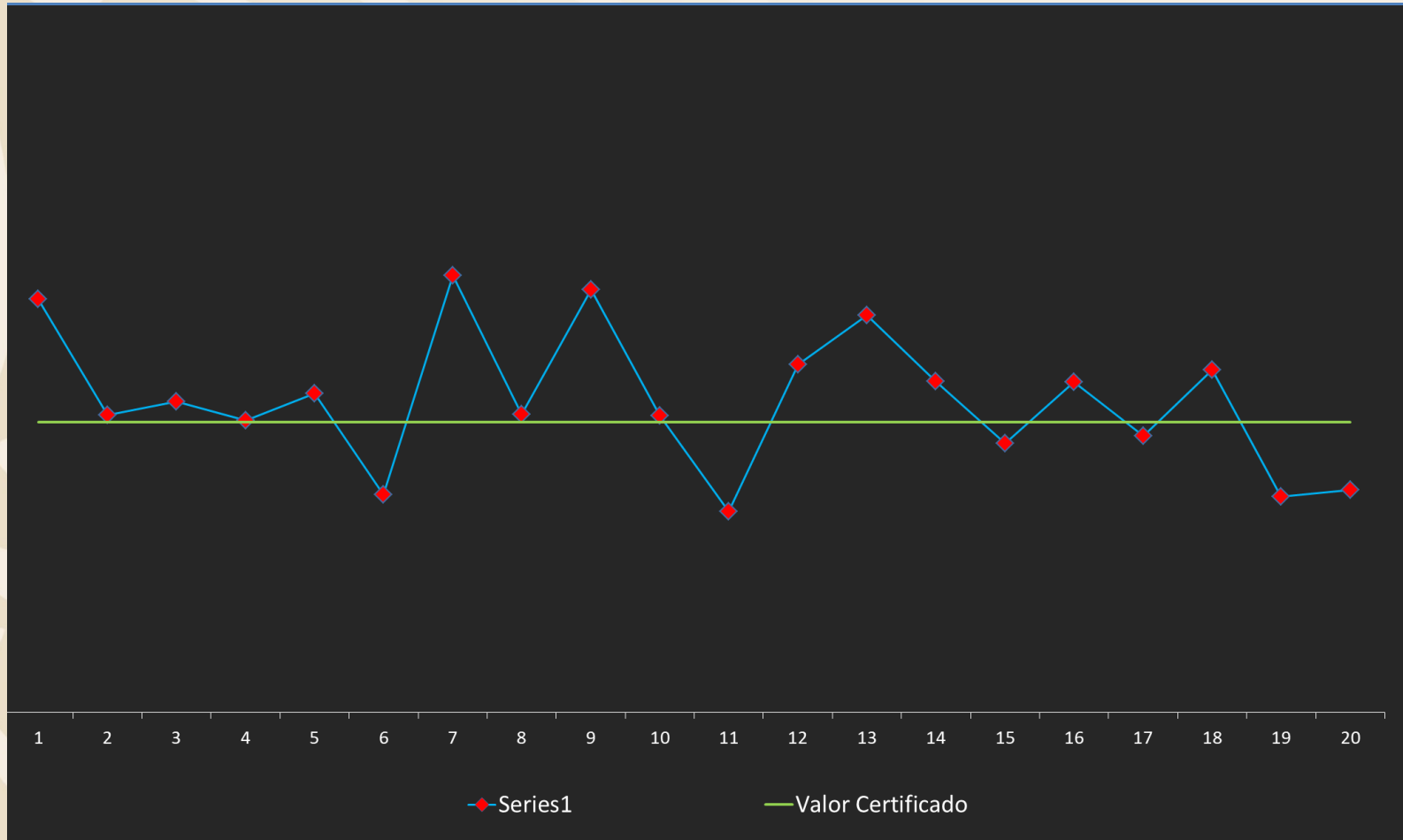
Mediciones repetidas de un MRC

Repetitividad/ Reproducibilidad

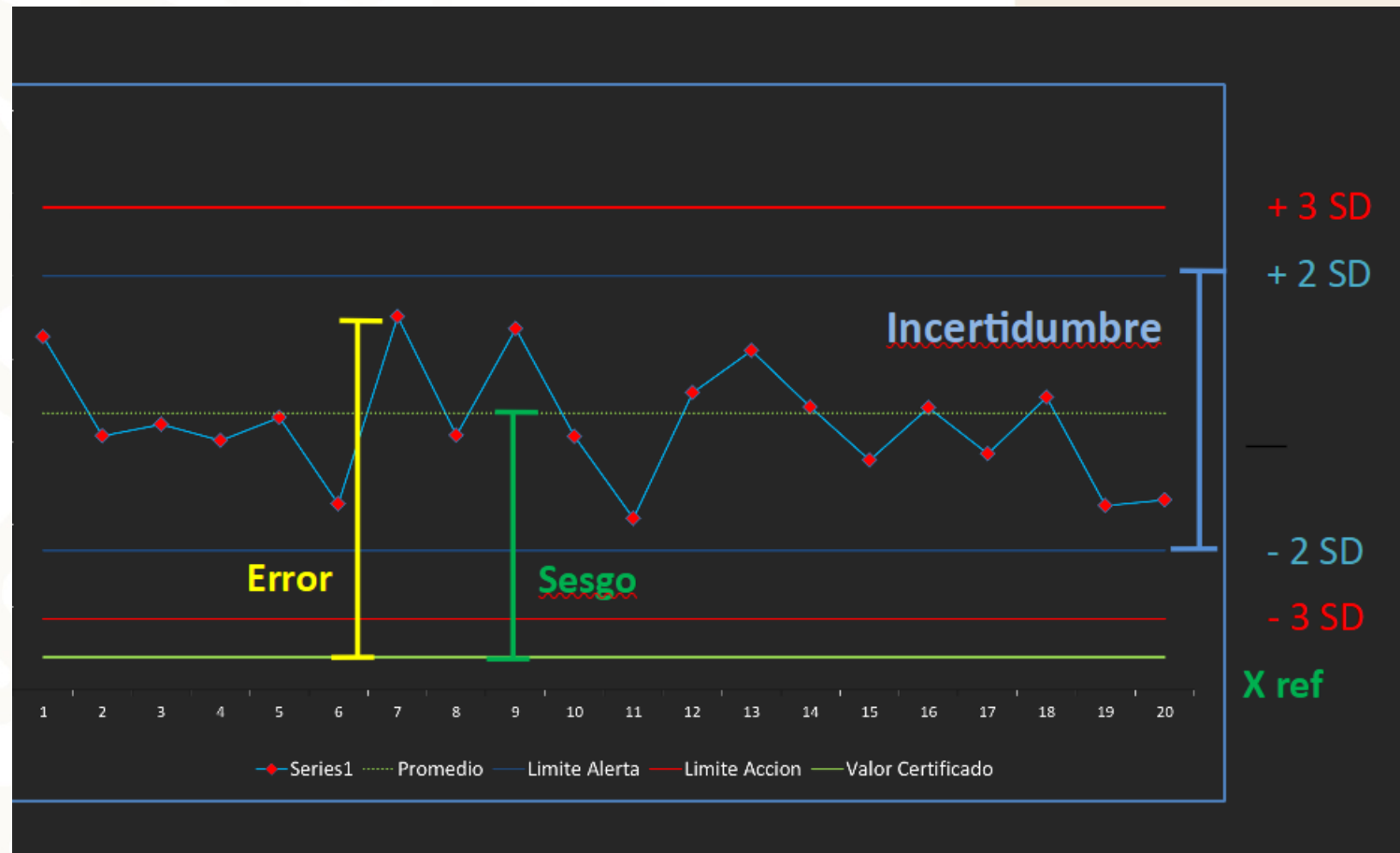


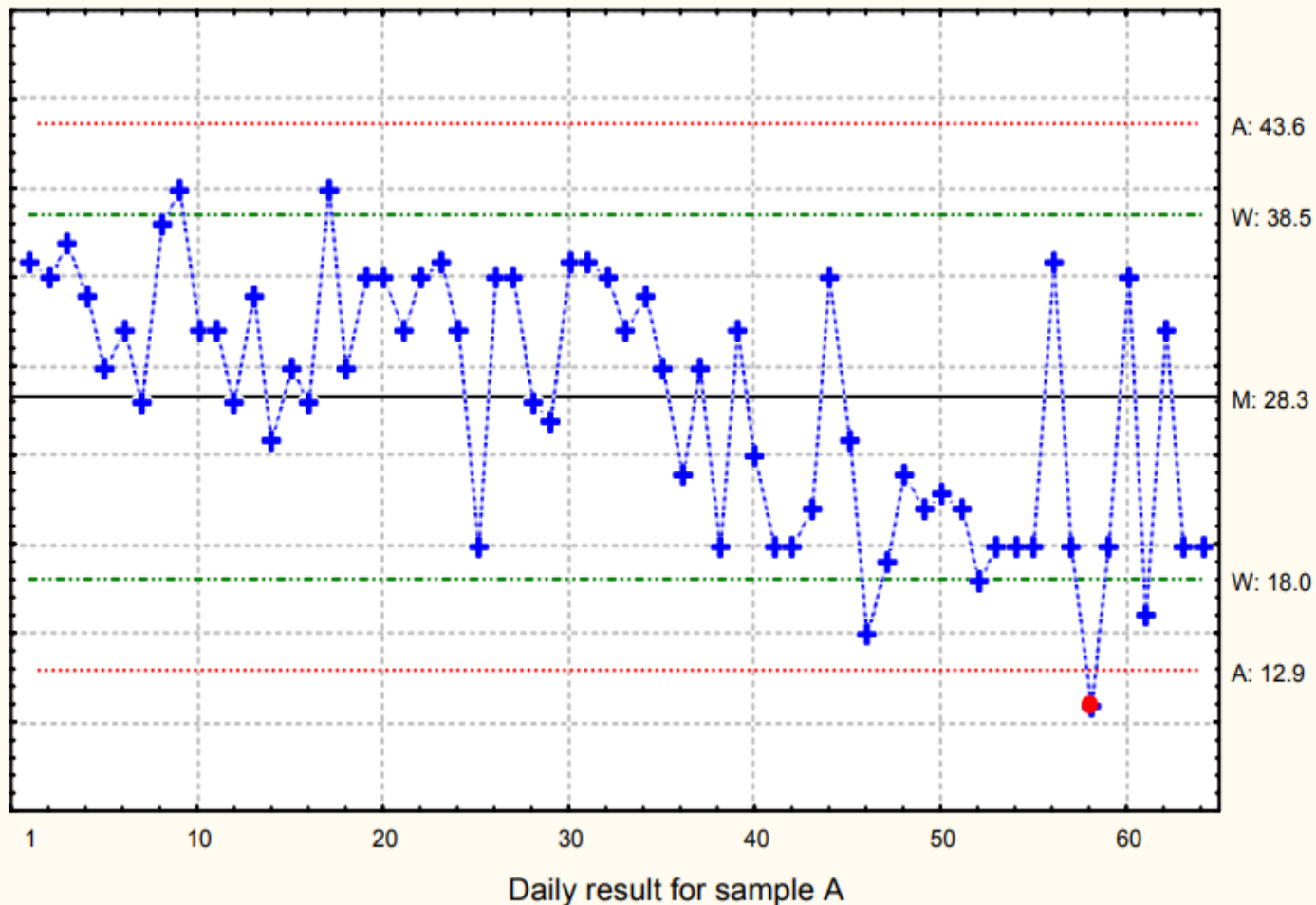
Mediciones repetidas de un MRC

Exactitud



Carta control





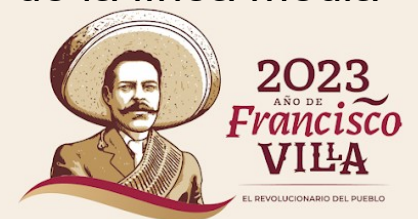
Normalmente, los puntos individuales en el gráfico, que representan los resultados del analito, son conectados por una línea.

Si esta línea se mueve fuera de los límites de control superior o inferior o exhibe patrones en muestras consecutivas, entonces puede existir un problema de calidad

A pesar de que uno podría determinar arbitrariamente cuándo declarar un proceso fuera de control, es una práctica común establecer estos límites:

Límite superior e inferior de alerta en 2 sigmas de la línea central.

El límite superior e inferior de alerta se establecen en 3 sigmas de la línea media (central).



Referencias

"S L R Ellison and A Williams (Eds). Eurachem/CITAC guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, Third edition, (2012) ISBN 978-0-948926-30-3. Available from www.eurachem.org."

JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement.

IRAM 35050, Procedimiento para la evaluación de la incertidumbre de la medición.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Development and Use of Reference Materials and Quality Control Materials, IAEA-TECDOC-1350, IAEA, Vienna (2003)



2023
AÑO DE
Francisco
VILLA

EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

GRACIAS



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA



ININ
INSTITUTO NACIONAL
DE INVESTIGACIONES
NUCLEARES