

AUTOMATIZACION DEL SISTEMA SECUNDARIO DE MEDICION DE CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA.

Ronald Cristancho^{1*}, Andrés Castillo¹

1: Subdirección de Química y Biomedicina; Instituto Nacional de Metrología. Av. Carrera 50 No 26 - 55 Int. 2; Bogotá, D.C Colombia

* rcristancho@inm.gov.co

Resumen: Como parte fundamental en la cadena de trazabilidad y buscando una mejor calidad en las mediciones de conductividad electrolítica, el Instituto Nacional de Metrología (INM) ha desarrollado un sistema de medición secundario que permite la certificación de materiales de referencia secundarios de esta magnitud como apoyo a la industria y academia del país. Para optimizar las mediciones, en este sistema secundario, se desarrolló un sistema de medición automático, que configura e integra los equipos de medición y permite que el operador pueda hacer un seguimiento del proceso en tiempo real, y proporcionando datos para su posterior análisis con un mínimo de intervención del ser humano.

Palabras clave: Conductividad electrolítica, automatización del sistema de medición, Material de Referencia Certificados, Metrología, Trazabilidad de medición.

Abstract: As a fundamental part in the traceability chain and looking for better quality measurements electrolytic conductivity, the National Institute of Metrology (INM) has developed a system of secondary measurement that allows the certification of secondary reference materials of this magnitude to support industry and academia in the country. To optimize measurements in this secondary system, automatic measuring system was developed, which configures and integrates measurement equipment and allows the operator to track the process in

real time, and providing data for further analysis with a minimum of human intervention.

Keywords: Electrolytic conductivity, measurement automation system, Certified Reference Materials, Metrology, measurement traceability

1. INTRODUCCIÓN

La conductividad electrolítica determina la resistencia de una solución acuosa para transportar la corriente eléctrica. La capacidad que tienen las soluciones de sales inorgánicas (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica, se expresa en $[s \cdot m^{-1}]$ o $[\mu s \cdot cm^{-1}]$, [1], [2]. El instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM) desarrolló el sistema secundario de medición de conductividad electrolítica con el cual se busca la certificación de materiales de referencia secundarios que servirán para apoyar la industria nacional y lograr trazabilidad de las mediciones de conductividad electrolítica en el país. Actualmente el sistema secundario cuenta con un puente termométrico ISOTECH milliK [3] y un puente de impedancias AGILENT E4980 A, [4]. Para optimizar la medición de la conductividad electrolítica en el sistema secundario se desarrolló la automatización de este sistema con base en el entorno de programación LabVIEW de National Instruments, [5].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL SISTEMA SECUNDARIO

2.4. CONEXIÓN Y COMANDO DEL PUEBTE TERMOMÉTRICO

El puente termométrico ISOTECH millik cuenta con interface serial RS 232 conector DB-9 null- modem, y comandos SCPI para su control. El software también es compatible con el puente ANTON PAAR MKT 50 con conexiones y aplicación similar que no será tratada a profundidad en este documento.

Los comandos utilizados para la medición de temperatura en el puente termométrico del sistema secundario están en la tabla 2.

| Acción a definir | Código SCPI |
|-------------------------|--------------|
| Capturar mediciones | MON1?\s2\r\n |
| Identificar dispositivo | *IDN?\r\n |

Tabla 2. Comandos utilizados para la medición con el puente termométrico ISOTECH

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. AUTO DETECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Para configurar el puerto de los instrumentos se utiliza un algoritmo que busca e identifica cada instrumento con un barrido en los puertos capturando así el puerto COM o GPIB que tenga respuesta afirmativa sobre la presencia de los instrumentos. Si no se encuentran los instrumentos se muestra un aviso al usuario y el sistema no puede continuar. El algoritmo funciona y es adecuado para todo tipo de usuarios del software ya que no es necesario la configuración manual de los puertos ni conocimiento profundos sobre informática. El algoritmo base se muestra en la figura 3.

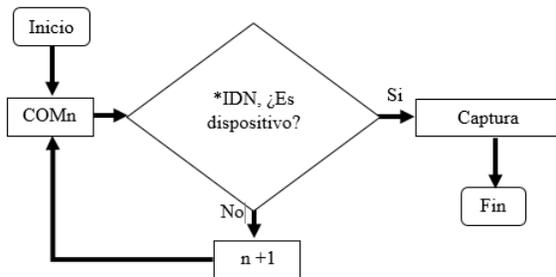


Fig. 3. Algoritmo auto-detección de instrumentos

3.2 ALGORITMO DE FUNCIONAMIENTO GLOBAL

Se utiliza algoritmo tipo “case”, para poder ejecutar los diferentes comandos del botón principal “SISTEMA EN ESPERA”, existe un “case” por defecto que deja el botón a la espera de la orden del usuario. Esto es útil ya que evita la saturación de botones en el panel frontal del aplicativo mostrado en la figura 4. Y con uno solo se comanda todas las ordenes principales del software haciéndolo más amigable con el usuario y permitiendo así agregar más gráficos e información sobre las mediciones realizadas. El algoritmo base de funcionamiento global se muestra en la figura 5.

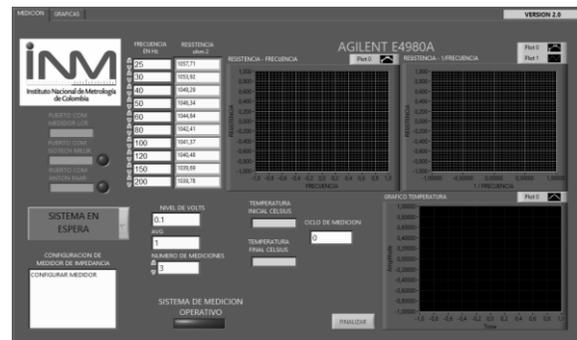


Fig. 4. Panel frontal del software

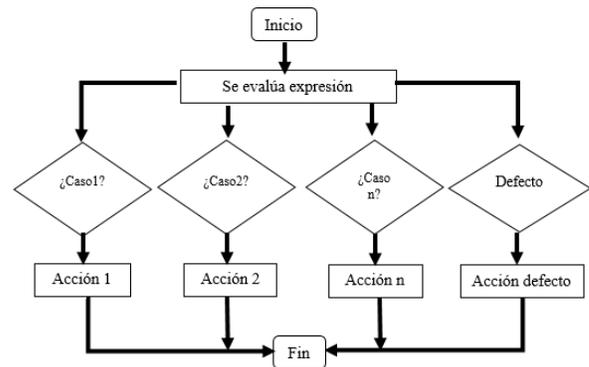


Fig. 5. Algoritmo funcionamiento global

3.3 ALGORITMO DE CAPTURA DE DATOS

El algoritmo de captura de datos, recibe los datos provenientes del puente termométrico y el puente de impedancias los cuales son mostrados y graficados en el programa y posteriormente organizados en un archivo plano para que el usuario los pueda analizar posteriormente.

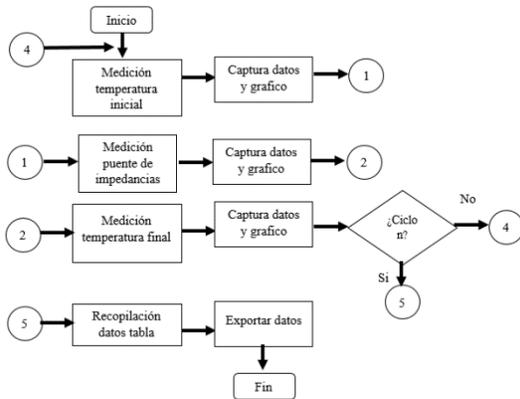


Fig. 6. Algoritmo captura de datos

Este algoritmo se diseña de la misma forma en la cual es tomada la medición de modo manual, lo cual hace que el usuario adquiera un entendimiento de la operación del sistema implementado. El algoritmo base de la medición y captura de datos se muestra en la figura 5.

3.4. VALIDACIÓN DEL SOFTWARE

Para asegurar un óptimo funcionamiento es necesario validar el software teniendo como objetivo garantizar que la información procesada no sea modificada por la ejecución de este, teniendo en cuenta los siguientes puntos críticos:

1. Validación de comandos de configuración enviados a los dispositivos y su correcta recepción y tratamiento por parte del equipo de medición.





Fig. 7. Datos de configuración puente LCR en el software

| MODE | SEQ | FREQ[Hz] | R[Ω] | X[Ω] | COMP | DISPLAY |
|------|-----|----------|------|------|------|---------------|
| 1 | 100 | --- | --- | --- | --- | BIN No. |
| 2 | 200 | --- | --- | --- | --- | BIN No. |
| 3 | 300 | --- | --- | --- | --- | BIN No. |
| 4 | 400 | --- | --- | --- | --- | BIN COUNT |
| 5 | 500 | --- | --- | --- | --- | BIN COUNT |
| 6 | 600 | --- | --- | --- | --- | LIST SWEEP |
| 7 | 700 | --- | --- | --- | --- | LIST SWEEP |
| 8 | 800 | --- | --- | --- | --- | DISPLAY BLANK |
| 9 | 900 | --- | --- | --- | --- | DISPLAY BLANK |
| 10 | 1 k | --- | --- | --- | --- | DISPLAY BLANK |

Fig. 8. Datos de frecuencias configuradas en el puente LCR

Fig. 9. Datos de opciones "LEVEL" y "AVG" configurados en el puente LCR

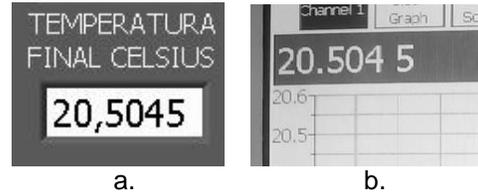
2. Validación de captura de datos por el software donde los valores medidos por el instrumento sean idénticos con los valores capturados por el software.

| Mediciones LCR | DISPLAY |
|----------------|-----------|
| 4530,61 | R[Ω] |
| 4530,62 | 4.53061 k |
| 4530,68 | 4.53062 k |
| 4530,84 | 4.53063 k |
| 4530,65 | 4.53084 k |
| 4530,72 | 4.53065 k |
| 4530,73 | 4.53072 k |
| 4530,69 | 4.53073 k |
| 4530,64 | 4.53069 k |
| 4530,8 | 4.53064 k |
| | 4.53080 k |

a.

b.

Fig. 10. Mediciones de resistencia capturadas por el software en a. Mediciones realizadas por el puente LCR en b.

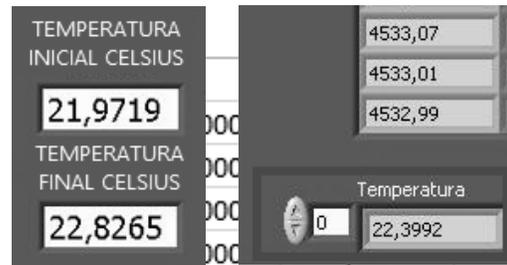


a.

b.

Fig. 11. Mediciones de temperatura capturadas por el software en a. Mediciones realizadas por el puente termométrico en b.

3. Validación de cálculos realizados por el software comprobando efectivamente que los datos ingresados son correctamente tratados en las operaciones matemáticas internas. El software realiza un promedio entre la temperatura inicial y final.



a.
b.

| | | |
|----|-------------|-------------|
| 6 | 500,000000 | 4532,860000 |
| 7 | 600,000000 | 4533,010000 |
| 8 | 700,000000 | 4533,010000 |
| 9 | 800,000000 | 4533,070000 |
| 10 | 900,000000 | 4533,010000 |
| 11 | 1000,000000 | 4532,990000 |
| 12 | Temperatura | 22,399200 |

Fig. 12. Mediciones de temperatura capturadas por el software en a. Promedio calculado por el software en de las mediciones de temperatura en b.

Temperatura inicial = 21,9719 °C

Temperatura final = 22,8265 °C

Suma, inicial + final = 44,7984 °C

Dividido en número de mediciones (2)

= 44,7984 °C/2 = 22,3992 °C

4. Validación de datos exportados por el software comprobando que los datos definitivos del software y los emitidos en el informe o archivo plano son idénticos.

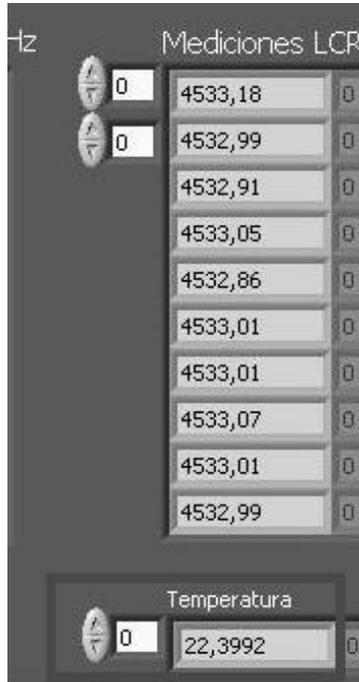


Fig. 13. Mediciones de resistencia y promedio de temperatura capturadas por el software

Fig. 14. Salida de datos exportados a archivo plano u hoja de cálculo

4. CONCLUSIONES

El alcance de este proyecto solo se limita a 10 frecuencias pero es posible la configuración de barrido hasta 256 frecuencias en el instrumento. Para un ámbito investigativo y desarrollo de nuevas técnicas de medición se tiene como punto de partida este software.

La automatización del sistema secundario de medición de conductividad electrolítica del instituto nacional de metrología hace posible que las mediciones sean realizadas sin la intervención humana y de manera remota lo cual es propicio para colocar el sistema secundario en atmosferas inertes y lograr más estabilidad y repetibilidad en las mediciones.

El sistema está diseñado con programación modular sub-VI (Virtual Instrument) lo cual hace posible escalabilidad y un fácil rediseño a otros instrumentos y a su vez posibilita usar los instrumentos de este sistema en otras aplicaciones.

El sistema al estar diseñado con algoritmo tipo "case" es apto para futuras ampliaciones donde es posible añadir más casos o suprimir casos, si es necesario o puede ser usado para otros desarrollos.

El algoritmo de auto detección fue aplicado inicialmente a este y posteriormente a más desarrollos con más y diversos instrumentos, con éxito y facilita a cualquier usuario una fácil configuración de la comunicación.

El sistema secundario de conductividad electrolítica del INM equipos y software de automatización implementados participo con resultados satisfactorios en comparaciones SIM.QM-K92 (Sistema Interamericano de Metrología)

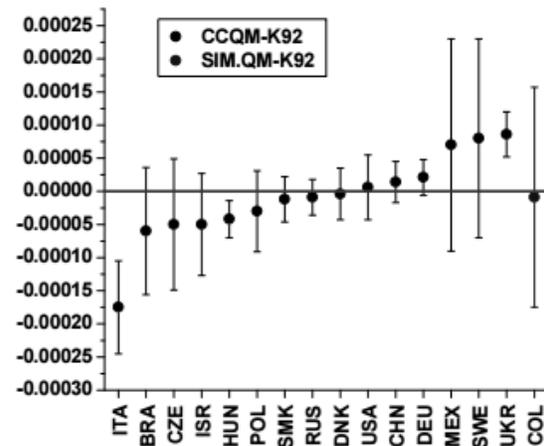


Fig. 15. Grados de equivalencia entre SIM.QM-K92 y CCQM-K92

La validación de software es satisfactoria en los puntos críticos donde los resultados de la medición pueden verse afectados por el procesamiento o cálculos del mismo.

REFERENCIAS

[1] Instituto Nacional de Metrología, Generalidades y Principios de Medición de la CE en Soluciones Acuosas, versión 2, 2015.

[2] Instituto Nacional De Metrología, Generalidades de Manejo del software de medición CE, versión 1, 2015.

[3] ISOTECH, millIK User Maintenance Manual/Handbook, 2012.

[2] Agilent Technologies, Agilent E4980A Precision LCR Meter User's Guide, Seventh Edition, 2008.

[5] Lajara, Pelegrí. LabVIEW: Entorno grafico de programación, 2da Edición, Alfaomega 2011.