

Sistema para Calibración de Instrumentos de Medición de Rayos X (CIR-X) aplicando el PGCS.

Gaytán Gallardo Elvira, Rivero Gutiérrez Tonatiuh, Cruz Estrada Pedro, Tovar Muñoz Victor Manuel, Vergara Martínez Francisco Javier

egg@nuclear.inin.mx, trg@nuclear.inin.mx, pce@nuclear.inin.mx, vmtm@nuclear.inin.mx

Resumen

El Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes del ININ realiza calibraciones de instrumentos para medición de Rayos X que determinan los parámetros de operación en máquinas de rayos X de diagnóstico del sector salud y privados. Para facilitar esta tarea, el Departamento de Automatización e Instrumentación desarrolló un sistema para adquisición y procesamiento de las señales provenientes de un divisor de voltaje de referencia con trazabilidad a NIST, que se conecta directamente al tubo de rayos X. El sistema está integrado por la unidad de rayos X, el equipo de medición de rayos X Dynalizer IIIU de RADCAL, una tarjeta de adquisición de datos, una computadora personal y el software de adquisición y procesamiento de las señales.

1. Introducción

La norma mexicana NOM 229-SSAI-2002 [1] indica que la calibración de instrumentos de medición de rayos X de uso médico, debe ser realizada cada dos años con el fin de cumplir con un buen control de calidad y garantizar la protección a personal ocupacionalmente expuesto, pacientes y público en General. Para satisfacer este requisito el Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes ofrece el servicio de calibración de detectores de radiación ionizante a diferentes hospitales del sector salud, públicos y privados.

Para automatizar este proceso se desarrolló un sistema con las siguientes características: Adquisición de la Información del instrumento de medición de rayos X, datos del usuario, medición del alto voltaje en kV, medición de corriente en mA-s, tiempo de exposición en segundos, presentación gráfica de los resultados y almacenamiento de los datos de las señales para consultas posteriores. En el desarrollo del software se empleó el Plan de Garantía de Calidad de Software del ININ (PGCS) y los procedimientos que lo integran.

2. Metodología

El sistema se desarrolló en base al Plan de Garantía de Calidad de Software (PGCS) [2] y los procedimientos que lo complementan: Especificación de Requerimientos de Software [3], Diseño y Desarrollo del Software [4], Administración de la Configuración del Software [5], Documentación del Software [6] y Verificación y Validación del Software [7]. Todas las actividades del software fueron documentadas.

2.1 Especificación de Requisitos de Software (ERS)

Los requisitos del sistema se especificaron en el documento ERS [8]. La especificación de requisitos de software se obtuvo aplicando los siguientes pasos:

- Entrevista con los interesados en el desarrollo del software.
- Obtención de los requisitos a través de la identificación del problema, propuesta y negociación de soluciones.
- Análisis de requisitos, aplicando modelado y desarrollo de un prototipo.
- Organización y especificación de requisitos, documentándolos de acuerdo al procedimiento ERS [3].

En el desarrollo del software para calibración de instrumentos de medición de rayos X se especificaron los siguientes requisitos globales del sistema:

- Registro de datos del usuario y del instrumento de medición de rayos X.
- Adquisición y procesamiento de las señales provenientes de la máquina de rayos X.
- Desarrollo del software para visualización de las señales medidas, datos del usuario y del instrumento de medición de rayos X que será calibrado, e indicadores con el valor de las señales ya procesadas: kilo Voltaje, corriente y el producto Corriente X tiempo.

- Interactúa con el sistema de detección de rayos X.
- Inicia la adquisición de datos de las señales de los parámetros de operación del equipo de rayos X.
- Registra los datos de la máquina de rayos X.
- Adquiere y presenta el tiempo de exposición de rayos X, el voltaje, la corriente y el producto corriente-tiempo.
- Almacena los datos adquiridos en un archivo tipo texto.
- Proporciona la lectura del archivo que contiene los datos adquiridos.
- Procesa las señales adquiridas.
- Presenta los resultados de forma visual en una pantalla de la PC.

2.2 Diseño y Desarrollo de Software (DDS)

2.2.1. Diseño del sistema CIR-X

El diseño del software para calibración de instrumentos para la detección de rayos X empleó en la descripción del sistema: a) El diseño arquitectónico, desarrollando una estructura de programa modular orientado al flujo de datos. b) La descripción de dependencias de manera narrativa. c) Las interfaces del sistema CIR-X, para comunicación entre los módulos de software con windows, con los usuarios y con el hardware. Para la descripción detallada del sistema CIR-X se aplicó el diseño procedimental describiendo los procesos a través de diagramas y un diccionario de datos. La figura 1 muestra el diagrama de flujo del sistema CIR-X.

2.2.2. Desarrollo del sistema CIR-X

El sistema se desarrolló en el Lenguaje de Programación Gráfica LabVIEW, tomando como base la etapa de diseño, cumpliendo con las especificaciones del usuario y del personal participante en el proyecto.

El sistema realiza las siguientes funciones:

El diseño y desarrollo de software fue documentado en [9] y una de las pantallas del sistema se muestra en la figura 2.

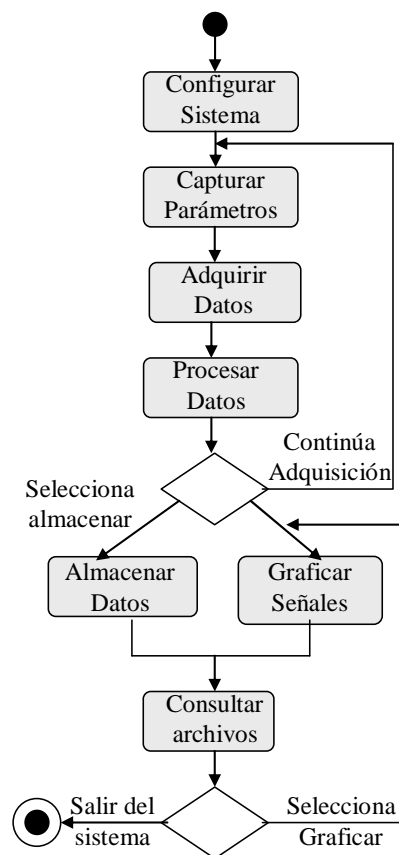


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema CIR-X

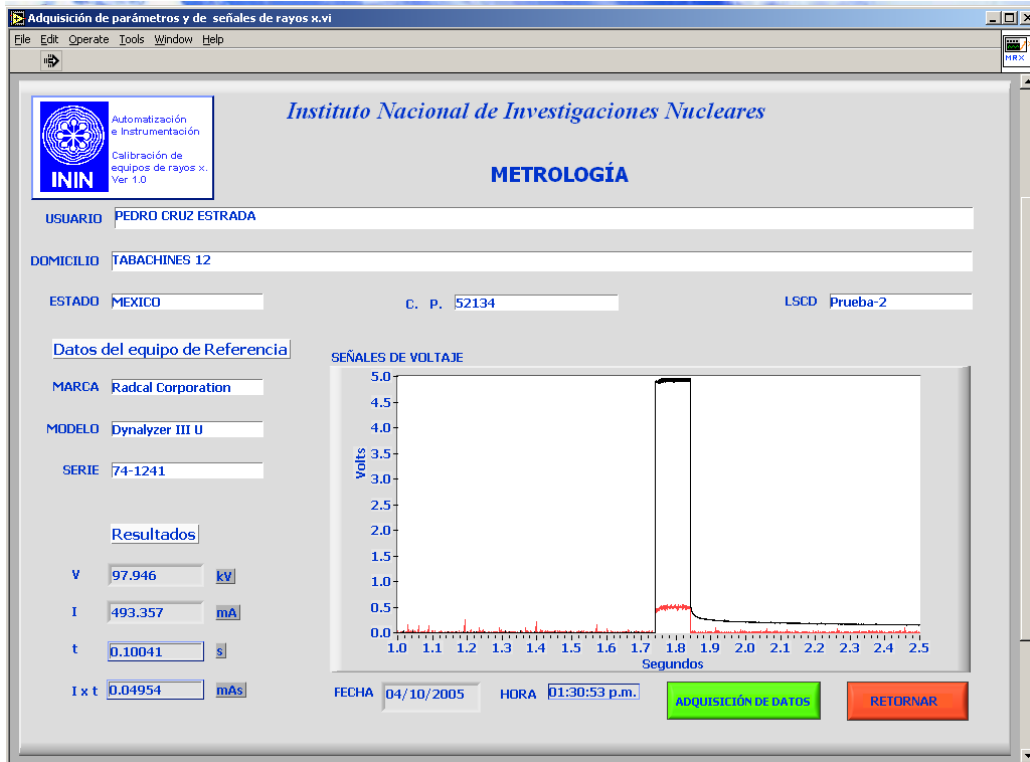


Figura 2. Sistema de Calibración de Instrumentos de Medición de Rayos X.

2.3 Documentación para el usuario

Se desarrolló el manual del usuario [10] que proporciona la información necesaria para a) la instalación, uso y en caso de ser necesaria la desinstalación del Calibrador de Instrumentos de Rayos X. b) uso de las interfaces de usuario, c) entradas y salidas del software, d) operaciones de datos, e) información de los comandos de software, f) cuadros de diálogo y g) forma de uso de la ayuda del sistema.

- Código fuente y software ejecutable del sistema CIR-X.
- Manual del Usuario del sistema CIR-X, informe IT.AU-0509, Rev. 0.
- Verificación y Validación del sistema CIR-X, informe IT.AU-0515, Rev. 0.
- Hardware (Tarjeta PCI-6070, Caja de conexiones BNC y cable SH68-68-EP de National Instruments, Computadora personal con el sistema instalado).

2.4 Administración de la Configuración del software

2.4.1 Identificación de elementos de configuración.

En la configuración del software se identificaron los siguientes elementos:

- Especificación de requisitos del sistema CIR-X, informe IT.AU-0507, Rev. 0.
- Diseño y Desarrollo del software del sistema CIR-X, informe IT.AU-0512, Rev. 0.

2.4.2 Resguardo de elementos de configuración.

- El código fuente y ejecutable del sistema CIR-X se respalda en un CD con la siguiente etiqueta: **Calibrador de Instrumentos de Rayos X, CIR-X, versión 1, Octubre/2005**, Departamento de Automatización e Instrumentación, ININ. Bajo el resguardo del responsable de desarrollo. En un CD con esta misma etiqueta se entregó el sistema ejecutable al Jefe del Departamento de Metrología de Radiaciones

Ionizantes, así como el Manual de Operación del sistema en formato PDF.

- Los documentos del proyecto en formato electrónico y escrito, se encuentran bajo el resguardo del Jefe del Departamento de Automatización e Instrumentación.

2.4.2 Control de Versiones del sistema CIR-X.

Las versiones del Sistema CIR-X inician con la versión 1.0, los números subsecuentes serán 1.1, 1.2 hasta 1.9 cuando el cambio se realice en el año vigente, si los cambios se realizan en el año siguiente la numeración de versiones se incrementará al siguiente número entero.

2.4.3 Control de cambios de los elementos de configuración del sistema CIR-X.

En el momento de ser requeridos, los cambios de los elementos de configuración del sistema CIR-X se realizarán en base al procedimiento "Administración de la Configuración del Software" [5], haciendo uso de los formatos anexos. Para fundamentar las etapas de la administración de la configuración del software se elaboró el documento correspondiente [11]

2.5 Verificación y validación

La verificación y validación se aplicó a todos los componentes del sistema, software y documentos generados, revisando y comprobando que el sistema cumpliera con los requisitos especificados y los documentos cumplieran con los puntos indicados en cada uno de los procedimientos [12]. El sistema se probó en la sala de rayos X del Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica. Al Sistema CIR-X se le realizó la prueba de unidad o componente, probando el sistema completo y los subsistemas principales. Las pruebas al sistema CIR-X se realizaron en laboratorio a través de señales simuladas y posteriormente en el sitio donde se instaló el sistema con

señales reales provenientes del divisor de voltaje del equipo de rayos X Marca RADCAL, Modelo Dynalyzer IIIU.

En las pruebas realizadas se obtuvieron valores un poco diferentes de los observados en el osciloscopio, por lo que los Físicos del Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica del departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes, determinaron que se compararan los resultados obtenidos contra un patrón calibrado por el Centro Nacional de Metrología (CENAM). El sistema fue verificado con un patrón del Laboratorio de Metrología Eléctrica del ININ trazable al CENAM, obteniendo un error relativo máximo de 1.6% el cual se redujo a 0.03% realizando procesamiento matemático. No obstante el error que en un principio presentó el sistema, se comprobó que el error observado en el osciloscopio es mayor (3%), debido al error intrínseco del osciloscopio, por lo que el sistema desarrollado, permite obtener mejores resultados en la calibración de instrumentos de rayos X.

3. Resultados

La automatización del CIR-X ha garantizado la realización de calibraciones confiables en la sala de rayos X del Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica. Por otra parte, agiliza los servicios de calibración de instrumentos que miden parámetros de operación en máquinas de rayos X de diagnóstico convencional.

El sistema se encuentra funcionando desde Noviembre de 2005 en el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica del Departamento de Metrología de Radiaciones Ionizantes del ININ, brindando el servicio de calibración de instrumentos, para control de calidad en los equipos generadores de rayos X al sector salud, público y privado. Uno de los servicios más importantes es el proporcionado a la Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) de la Secretaría de Salud. Esta comisión

vigila los parámetros de operación de los equipos de rayos X utilizados en diagnóstico y el sistema CIR-X se ha empleado en la calibración de los diferentes instrumentos de cada estado del país, empleados en control de calidad.

Este sistema permitirá realizar un estudio del comportamiento de los parámetros de operación del equipo de rayos X que utiliza el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica a través del tiempo, lo que permitirá crear **cartas de control** que ayuden a conocer su comportamiento a través de los años y así corregir los valores de referencia que se utilizan para la calibración de instrumentos.

4. Conclusiones

El software del sistema para calibración de instrumentos detectores de radiación ionizante en equipos de rayos X se desarrolló en base al Plan de Garantía de Software del ININ aplicando procedimientos y estándares que garantizan la calidad del producto. El sistema fue probado con un patrón del Laboratorio de Metrología Eléctrica del ININ, con un error de 0.03%.

El sistema genera valores de referencia confiables para kilo voltaje, corriente, tiempo de exposición y el producto corriente-tiempo. Parámetros que son usados por el LSCD para calibrar diferentes instrumentos de usuarios externos e internos con alta calidad.

Finalmente el sistema de calibración al integrar software y hardware de reciente tecnología, permite al usuario contar con un sistema de calibración de vanguardia y competitivo para los servicios que el país requiere en la actualidad. Como el proporcionado a COFEPRIS de la Secretaría de Salud.

5. Agradecimientos

Se hace patente el agradecimiento al Ing. Ariel Villaverde Lozano, del Laboratorio de Metrología Eléctrica del ININ, por el apoyo prestado en la verificación del sistema.

6. Referencias

1. NOM 229-SSAI-2002, Norma Oficial Mexicana, "Requisitos Técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X", México 2006.
2. Gaytán Gallardo E., Rivero Gutiérrez T., Palacios Hernández J., Arenas Ochoa A., Ambriz Jaimes M. y Longoria Gándara L. C. 2004. PL.GC-2 "Plan de Garantía de Calidad de Software", Rev. 0, ININ.
3. Gaytán Gallardo E., Rivero Gutiérrez T., Palacios Hernández J. 2004. P.AU-10 "Especificación de requerimientos de Software", Rev. 0, ININ.
4. Gaytán Gallardo E., Rivero Gutiérrez T., Palacios Hernández J. 2004. P.AU-11 "Diseño y Desarrollo de Software", Rev. 0, ININ.
5. Gaytán Gallardo E., Rivero Gutiérrez T., Palacios Hernández J. 2004. P.AU-06 "Administración de la Configuración del Software", Rev. 0, ININ.
6. Gaytán Gallardo E., Rivero Gutiérrez T., Palacios Hernández J. 2004. P.AU-12 "Documentación del software", Rev. 0, ININ.
7. Gaytán Gallardo E., Rivero Gutiérrez T., Palacios Hernández J. 2004. P.AU-07 "Verificación y Validación del Software", Rev. 0, ININ.
8. Gaytán Gallardo E., Cruz Estrada P., Rivero Gutiérrez T., Vergara Martínez F., Tovar Muñoz V. M. 2005.IT.AU-0505 "Calibrador de Instrumentos de Rayos X (Especificación de Requerimientos)". Rev. 0, ININ.
9. Gaytán Gallardo E. 2005. IT.AU-0512 "Calibrador de Instrumentos de Rayos X (Diseño y Desarrollo del Software)". Rev. 0, ININ.
10. Gaytán Gallardo E. 2005. IT.AU-0509 "Calibrador de Instrumentos de Rayos X (Manual del Usuario)". Rev. 0, ININ.
11. Gaytán Gallardo E. 2005. IT.AU-0514 "Calibrador de Instrumentos de Rayos X (Administración de la Configuración del Software)". Rev. 0, ININ.
12. Gaytán Gallardo E., Cruz Estrada P., Rivero Gutiérrez T., Vergara Martínez F., Tovar Muñoz V. M. 2005. IT.AU-0514 "Calibrador de Instrumentos de Rayos X (Verificación y Validación del Software)". Rev. 0, ININ.