

## Digitalización de un equipo de perfilaje de sondeos, para determinación del mineral de uranio. Transferencia de tecnología.

Gustavo Fabián Neer; María Luján Gutiérrez, Adolfo F. González.

*gusneer@frm.utn.edu.ar, malugut11@yahoo.com.ar, adofgon@lanet.com.ar*

*Grupo Génesis, Departamento de Electrónica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza*

Ángel Rubén Gallucci, Ángel Tenzi, Daniel Guzmán

*argallucci@cneacuyo.gov.ar, angeltenzi@cneacuyo.gov.ar, danielguzman@cneacuyo.gov.ar*  
*Comisión Nacional de Energía Atómica*

RESUMEN: El objeto del presente trabajo, fue la digitalización y modernización de un equipo analógico de perfilaje, para la evaluación de la producción en minas de uranio y la exploración de yacimientos de uranio. Se trata del equipo GOI-3500 (origen USA) empleado desde la década del 70 por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y de confiable funcionamiento en la actualidad. La mencionada digitalización consistió en agregar hardware adaptador de señales analógicas, codificadores y conversores A/D (Análogo/Digital), encargados de llevar las señales analógicas del equipo de exploración a la computadora personal (PC). Se utilizó como soporte el software LabVIEW para adquirir y manejar las señales transportadas a la PC, transformando a ésta, en un completo Instrumento Virtual. En la PC se adquieren los datos digitalizados, los cuales son almacenados en formatos estándares de base de datos, para su posterior análisis, procesamiento y graficación, reemplazando al antiguo plotter (de papel y plumas entintadas). Este trabajo es de Transferencia de Tecnología, por cuanto se entregaron los Manuales de usuario de software, hardware y planos de fabricación completos, para su posterior reproducción total o parcial, mantenimiento, y actualizaciones por parte de la CNEA.

### 1 INTRODUCCION

Equipo GOI-3500 original, utilizado por la CNEA desde la década del '70, de probada confiabilidad de funcionamiento y contrastado en forma sistemática en la Central de Calibración Radiométrica ubicada en la Villa 25 de Mayo, Departamento de San Rafael, Provincia de Mendoza, propiedad de la CNEA. Los datos obtenidos eran registrados anteriormente por medio de un graficador analógico (plotter) con plumas entintadas en un papel especial cuadrado y escalado. La toma de datos por este medio, requería entre otras cosas del mantenimiento diario de las puntas con carga de tinta. El almacenamiento de los datos en papel, su interpretación y comparación eran muy laboriosos, siendo realizados todos estos trabajos en forma manual.

La reducción de costos de las computadoras personales, de las memorias y la posibilidad tanto de insertar placas electrónicas en las PC como los conversores (A/D) incorporadas en placas de digitalización (DAQ), y que cuando se comunican con algún software de digitalización ejecutado en la PC como el LabVIEW Ref. [1], permite el manejo de estas placas digitalizadoras. Si a ello se agrega la gran divulgación de software estándares como planillas de cálculo y demás herramientas para el procesamiento de datos; el avance de Internet y de las intercomunicaciones, tanto entre PC como entre dispositivos de adquisición de datos (conocidos como SCADA, PLC u otros) y la compatibilidad de todos ellos con la placa DAQ cuando es manejada por el Software LabVIEW, han motivado la digitalización

del equipo GOI-3500. Es decir, que los datos entregados por el equipo en forma analógica son digitalizados por medio de placas DAQ para luego ser adquiridos por una CPU, lo que permite el almacenamiento de los mismos en discos rígidos, CD's, DVD's, para su posterior interpretación, análisis, graficación e interacción con otros programas, y también la posibilidad de transmitir y manejar la toma de datos a través de Internet para poder realizar telemediciones y telecontrol de la toma de datos.

El proceso de digitalización y el desarrollo del Software fue realizado por requerimiento de la CNEA. El software desarrollado, llamado "Software GOI 3500", fue realizado bajo el entorno de programación de LabVIEW.

El Software y la electrónica de digitalización, funcionan complementando al equipo GOI-3500 original.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

### 2.1 Descripción del software

El Software denominado GOI-3500, constituye el soporte informático de la digitalización del tradicional equipo analógico de perfilaje marca GOI-3500. Esta innovación tecnológica fue realizada con el lenguaje de programación denominado G (Lenguaje Gráfico) bajo el entorno de programación ofrecido por el LabVIEW.

El manejo del Software GOI-3500 es asistido por medio de indicaciones permanentes, que permiten al operador seleccionar las opciones de acuerdo a la tarea que desee realizar.

La digitalización realizada incrementa la densidad de datos y su precisión. Hasta el momento, el método tradicional utilizado de adquisición por medio de papel, la graficación e interpretación de los datos obtenidos analógicamente, no permitían trabajar con una densidad de toma de datos inferior a los 10 cm en las mediciones de profundidad, y las precisiones eran del orden del milímetro. En cambio ahora, con el sistema digitalizado, la adquisición, graficación e interpretación de la información como su almacenamiento permite optar por una densidad de tomas de datos del orden de 1 cm de separación entre cada toma, con precisiones máximas, si es necesario, del orden de 0,5 milímetros en las mediciones de profundidad, y la detección de radiación gamma tiene una precisión de 3 decimales en la medición de cuentas por segundos de radiación (unidad de medida de radiación gamma).

Una vez realizado el proceso de digitalización, los datos son grabados en forma de archivo de texto estandarizados para ser importados fácilmente a planillas de cálculo (por ejemplo Excel) o a bases de datos, para su posterior procesamiento, análisis, almacenamiento y graficación.

El software dispone de seguridad en la toma de datos para evitar ser reemplazados por eventuales reescrituras, producidas por la duplicación en la identificación de los sondeos.

La computadora (PC) constituye ahora el Instrumento donde se adquieren los datos, se procesan, almacenan y grafican.

### 2.2 Descripción del Hardware de Digitalización

El núcleo principal del sistema de digitalización es una placa DAQ denominada LabPC+ Ref. [2], la cual se encarga de la medición de las señales analógicas por medio de conversores A/D, y de las mediciones de profundidad y velocidad de la sonda a través de contadores y de un dispositivo denominado encoder, que está adosado al eje del carrete del cable para las sondas.

Se realizó un sistema de aislamiento galvánico completo, tanto para las mediciones de las señales analógicas, como para las señales digitales provenientes del encoder.

### 2.3 Descripción de la tarjeta DAQ LabPC+

Las placas digitalizadoras DAQ son placas de adquisición de datos que tienen incorporados digitalizadores de señales analógicas, temporizadores, contadores y generadores de señales.

La placa DAQ LabPC+ contiene 8 entradas analógicas de 12 bits de resolución, éstas entradas pueden ser configuradas para trabajar con entradas simples o en forma diferencial.

La mencionada placa posee también dos conversores digitales/analógicos (D/A) de 12 bits de resolución, 24 líneas de entradas/salidas digitales de nivel de tensión de 0-5V y dos contadores digitales con 16 bits de resolución cada uno.

### 2.4 Descripción del Encoder

El encoder es un dispositivo cilíndrico que posee un eje móvil que internamente codifica por medio de dos pulsos, generalmente denominados pulso A y pulso B, el movimiento circular que realiza proporciona información de la posición. Estas dos señales generadas por los pulsos están desfasadas angularmente 90° entre sí, según el adelanto o atraso

que tenga una con respecto a la otra, esto permite obtener información del sentido de giro en cada momento.

Si se cuentan la cantidad de pulsos generados en un sentido, se puede saber cuánto ha girado el encoder, y al encontrarse éste adosado a un eje de polea con un cable de sonda, permite conocer cuánto se ha desplazado la sonda en forma lineal ya sea en el ascenso o descenso de la misma.

Si se censan los pulsos del encoder debido al movimiento angular y se mide con qué rapidez se producen en el tiempo (frecuencia) se puede calcular la velocidad angular que posee el encoder, o la velocidad lineal que se produce en la sonda, cuando está adosada a una polea por la cual se desliza.

### 3 REQUERIMIENTOS

#### 3.1 *Requerimientos del Hardware de Digitalización*

Se necesita tener todo el sistema de adaptación que denominamos NIM que parte del diseño electrónico de digitalización que se desarrolló para la CNEA, y es el encargado de adaptar la impedancia, amplificación y aislación galvánica tanto de las señales analógicas como de las que son entregadas por el encoder (pulsos).

Un encoder de salida de pulsos con niveles de tensión 0-5V y un decodificador de impulsos para ser entregados a la placa DAQ.

Un sistema de medición de velocidad del encoder con salida analógica que será entregada a la placa DAQ.

Una placa de adquisición de datos tipo LabPC+ instalada en un slot libre de la PC, tipo ISA.

La placa debe ser configurada por medio de sus Jumper, y tomar los valores de interrupción por hardware (IRQ) y acceso directo a memoria (DMA) de la PC.

Esta configuración depende de cada PC (difiere una de otra según los IRQ y DMA disponibles) para realizar esta operación, se sugiere, referirse al Manual de la placa LabPC+ (User Manual).

#### 3.2 *Requerimientos de la PC para la digitalización*

- Monitor de 1024 x 768 de resolución, ya sea de Tubo de rayos catódicos convencional o pantalla plana de plasma. El software está diseñado para ser ejecutado con una resolución de 1024 x 768, por lo tanto no podrá funcionar correctamente en resoluciones menores.

- CPU: Pentium II, Pentium III, Pentium IV o Celeron de 450 MHz como mínimo, recomendado CPU con velocidad mayores a 600 MHz.

- Memoria RAM de 128 Mb como mínimo, recomendada 256 Mb o superior.

- Bus de datos de norma ISA libre, para emplear la placa LabPC+.

- Código abierto con código fuente disponible del software GOI-3500 ó la versión compilada .EXE.

- LabVIEW FULL ó Professional Development System 6.1 ó posterior.

- Driver para la placa DAQ que se vaya emplear.

- Placa DAQ compatible.

## 4 DESARROLLO ELECTRÓNICO

### 4.1 *Protección del Ruido eléctrico*

Se tomaron todos los recaudos para la minimización de la interferencia de cualquier ruido eléctrico, esto es debido a que el desarrollo esta implementado para el trabajo en campo, donde la fuente de energía es un generador de 220 V por medio de un sistema de generador a gasolina.

Teniendo desde un comienzo, una fuente de corriente bastante ruidosa.

Para minimizar los problemas de ruido, se tomaron especiales consideraciones en el diseño, como ser pistas de cobre bien definidas y con bastante área para que sirvieran de apantallamiento electrostático a los circuitos.

Se hicieron prácticamente nulas las interferencias electrónicas, al blindar los módulos nuevos, enmallar todos los cables y poner un buen sistema de puesta a tierra, junto con todos los recaudos de protección que se tomaron en el diseño de las plaquetas de circuitos impresos.

### 4.2 *Decodificación de los datos del encoder*

Las señales provenientes del encoder, son dos pulsos denominados A y B que están desfasados 90 grados entre sí.

El adelanto o retraso de los pulsos de una señal con respecto a la otra en fase, indica el sentido de giro del encoder, X o Y.

La información que se extrae de los pulsos A y B desfasados 90 grados son:

- Sentido de giro: el sentido de giro dará la información necesaria para saber si la sonda esta bajando o subiendo.

- Velocidad de giro: indica la velocidad de la sonda ya sea de bajada o de subida, en metros por minuto.

- Posición instantánea de la sonda: sirve para saber en tiempo real cuándo se almacenan los datos medidos. La posición exacta de la sonda en el pozo,

información que se da en metros con dos decimales de precisión.

Se realizó también un desarrollo electrónico, para poder obtener los datos antes mencionados de los pulsos A y B que provienen del encoder.

### 4.3 Circuito amplificador aislador de la señal analógica del GOI-3500

El amplificador aislador de señal, consiste en el diseño de un módulo NIM de doble ancho que se aloja en el rack del equipo, y que contiene una placa con cuatro amplificadores optoaislados diseñados sobre la base de conversores de tensión-frecuencia y frecuencia-tensión, cuyo objetivo es aislar galvánicamente las masas de las distintas señales provenientes del equipo GOI-3500 con respecto a la masa de la computadora, para preservar la integridad de la placa de adquisición y de la computadora misma, en caso de pérdida de aislación en los transformadores de las fuentes o ante una eventual fluctuación de tensión en las masas del GOI de manera accidental.

## 5 DESARROLLO DEL SOFTWARE GOI-3500

El software se desarrolló de forma tal, que la PC pasa a ser el instrumento (Instrumentación virtual), donde en conjunto con el hardware y el software LabVIEW realizará todas las mediciones que hacía antiguamente el equipo analógico GOI-3500.

La ventaja de haber transformado al equipo analógico GOI-3500 en un instrumento virtual, es que el software que se ha diseñado, se ajusta a las necesidades específicas que tiene la CNEA, y el instrumento analógico dejó de ser un instrumento de funciones fijas, para transformarse en un sistema con prestaciones amoldadas a las necesidades del usuario y escalables, según nuevos requerimientos que se puedan presentar.

El sistema se transformó en un instrumento enteramente flexible, el cual puede modificarse, extenderse o adaptarse a nuevos requerimientos de cada función de medición que se ha desarrollado, sin necesidad de reemplazar todo el instrumento ya que las modificaciones se hacen sólo en el software.

Debido a que el desarrollo del instrumento digitalizado está basado en la PC, se pueden aprovechar todos los beneficios tecnológicos que se ofrecen tales como conectividad a otros equipos, transmisión de los datos por Internet, rápido procesamiento y análisis de datos, gran capacidad de almacenamiento de información, facilidad de realizar gráficas con los datos medidos y almacenados,

exportación de los datos a bases de datos, interconexión con otros software de análisis ya sea comerciales o desarrollados en algún lenguaje de programación estándar como Visual BASIC, Fox PRO o cualquiera que se crea conveniente.

El sistema, también permite exportar la aplicación en forma directa a otro sistema operativo como el que se está popularizando en la comunidad científica e industrial por sus prestaciones, como es el software LabVIEW para el sistema operativo Linux Ref. [3], ya que el software LabVIEW es multiplataforma, es decir que cualquier software hecho en Windows puede ser ejecutado en cualquier otro sistema operativo, compilándolo adecuadamente para ese sistema.

Una característica adicional de Linux es la de ser un sistema operativo libre, del cual no se necesita licencia y además es de código abierto (se puede ver el código con el que fue hecho).

Este sistema de digitalización de datos para el equipo GOI, fue compilado originalmente en Windows, que es el que se está usando actualmente, se hizo la prueba de compilarlo y ejecutarlo bajo el sistema operativo Linux Mandrake 10.0, siendo satisfactorio el resultado, y funcionando exactamente igual que como lo hacía con el sistema Windows, manteniendo la compatibilidad de cada una de sus funciones anteriores como así también el manejo de todo el sistema de digitalización.

Fue muy notable la mejora en la performance del procesamiento de datos y la adquisición de ellos al ejecutar el desarrollo de Labview bajo Linux, en especial en el manejo de la densidad de datos que se digitalizaban, se notó una mejor utilización de los recursos de memoria al ejecutar el programa más holgadamente y con una mejor estabilidad del sistema operativo que es típica de Linux, en comparación al sistema operativo Windows.

Al ejecutar el programa de digitalización tanto en Windows como en Linux, se efectuaron satisfactoriamente todas las funciones para las que fue programado el sistema.

Ya que el sistema Linux, aún no es de uso cotidiano para la mayoría de los usuarios de PC, se dejó instalado el sistema de digitalización bajo entorno Windows, con la idea de que en un futuro cercano, el sistema de digitalización sea ejecutado definitivamente bajo el sistema operativo Linux.

Las distintas plataformas, donde puede ejecutarse el desarrollo, ya que LabVIEW permite su compilación, son: Mac OS, Sun Solares, Palm OS, Pocket PC y para formato html, por lo que se puede migrar el sistema de digitalización a cualquiera de estas plataformas.

## 6 CONTROL DE CALIDAD DE LA MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO

### 6.1 Central de Calibración Radiométrica

La CNEA alentó en el año 1983 un proyecto tendiente a desarrollar e instalar una "Central de Calibración Radiométrica" Ref. [4].

Las actuales instalaciones de la Central de Calibración ubicadas en la localidad de Villa 25 de Mayo, Departamento de San Rafael, de la provincia de Mendoza, integran un conjunto de módulos mineralizados de volúmenes predeterminados y en los cuales se pretende repetir las condiciones que presenta la naturaleza ante una medición radiométrica, teniendo en cuenta el amplio espectro de factores existentes, tales como concentración, densidad, porosidad, presencia de agua, etc.

La Central de Calibración, permite obtener datos para evaluar correctamente los resultados de los programas de exploración radiométrica por sondeos y hacer comparables los valores obtenidos y equivalencias que suministran distintos tipos de equipos electrónicos, imposibles de lograr si no se cuenta con esta clase de instalaciones.

La construcción de la Central comenzó en 1979 y la operación normalizada de la misma se inició en Marzo de 1980, procediéndose a la inmediata calibración de todos los equipos de perfilaje Gamma. Con ello se logró contar, para cada tipo de instrumento de perfilaje Gamma Total en uso en el país, con una respuesta normalizada de sus registros, en los distintos programas de sondeos en ejecución a nivel nacional.

Esta Central de Calibración es única de su tipo en Sudamérica

### 6.2 Contratación de instrumentos radiométricos

La utilización intensiva de equipos electrónicos de detección e investigación cuantitativa de minerales radiactivos, impuso la necesidad de contar a escala mundial, con centros de calibración que permitiesen establecer una correcta correspondencia de las mediciones sin importar las incidencias de otros parámetros sobre esos registros y determinar el eficaz funcionamiento del instrumental en condiciones normales de operación.

El conjunto de módulos mineralizados, de volúmenes predeterminados y en los cuales se pretende repetir las condiciones que presenta la naturaleza ante una medición radiométrica, permiten obtener parámetros para una correcta evaluación de los resultados de las exploraciones radiométricas por uranio y también

para lograr una comparación fidedigna entre los valores que suministran los distintos tipos de unidades electrónicas, circunstancias virtualmente imposibles de lograr sin contar con este tipo de instalaciones.

Al contar con esta Central de Calibración, es posible calcular los siguientes factores al calibrar cada unidad de perfilaje radiométrico:

a - "Factor K": es el primero y el más importante de los factores de calibración, es una constante de proporcionalidad que permite obtener la cantidad de uranio en un nivel de un espesor determinado a partir de la detección radiométrica obtenida a lo largo de dicho espesor.

b - "Tiempo Muerto": el tiempo muerto puede ser definido como el intervalo de tiempo requerido por el sistema electrónico para detectar y procesar una radiación gamma, y durante el cual el mismo es incapaz de observar cualquier otro evento radiactivo adicional. Como tales eventos son numerosos y además están espaciados al azar en el tiempo, se pueden llegar a producir errores significativos en la interpretación del perfilaje (especialmente cuando existe un elevado número de cuentas), si el mismo no se corrige por este factor.

c- "Diámetro del pozo - Factores de agua": la corrección requerida por variaciones en el diámetro del pozo es muy pequeña cuando el medio presente es el aire, pero cuando dicho medio está constituido por un material más efectivo para la absorción gamma, como el caso del agua, el efecto de las variaciones en el diámetro del pozo sobre el número de cuentas es muy significativo.

d- "Factores de entubado": una corrección importante del perfilaje gamma también es necesaria cuando la perforación está entubada. Los factores de entubado indican la cantidad de radiación gamma atenuada por efecto de los distintos espesores de entubado que puedan encontrarse en la perforación.

Se establece por norma que todo equipo de perfilaje debe ser controlado por lo menos una vez por año en la Central para su verificación, ratificando o rectificando sus parámetros de calibración. En el caso de que un equipo haya sido sometido a reparaciones o modificaciones electrónicas (cambio de tubos fotomultiplicadores, cristales, etc.) será obligatorio antes de reanudar su uso que pase por la Central a fin de establecer sus nuevos factores y parámetros de calibración.

## 7 CONTRASTACIÓN DEL DESARROLLO DE DIGITALIZACIÓN.

El equipo digitalizado al ser un equipo de medición radiométrico debe estar encuadrado dentro los parámetros de la contrastación en la Central de Calibración Radiométrica que tiene para la normalización de sus equipos la CNEA

Esta contrastación otorga la validación de campo necesaria para saber que las mediciones que se realizarán con el equipo digitalizado están normalizadas, obteniéndose la trazabilidad nacional e internacional de todas las mediciones que se efectuarán.

También dará información de los factores de corrección que se deberán aplicar en las mediciones obtenidas, factor K, tiempo muerto, factor de aire o agua, factor de entubado.

El procedimiento de contrastación y validación de campo consistió en llevar todo el equipo digitalizado a la Central de Calibración Radiométrica ubicada en la Villa 25 de Mayo en San Rafael Mendoza.

### *7.1 Calibración del equipo Analógico GOI-3500*

Se hizo primero toda la calibración, contrastación y obtención de los factores de corrección (factor K, tiempo muerto, factor de aire o agua, factor de entubado) en forma totalmente analógica, es decir en la forma tradicional en la que funcionaba el equipo GOI-3500.

Se comprobaron estos datos obtenidos de la calibración y factores de corrección con planillas de años anteriores, y los valores se mantenían semejantes por lo que el equipo estaba calibrado en forma analógica y con todos sus factores de corrección obtenidos.

### *7.2 Calibración del equipo Digitalizado GOI-3500*

Luego se activó todo el sistema de digitalización de las mediciones y se realizaron todos los procedimientos de calibración y de obtención de todos los factores de corrección en forma de toma de datos digitalizados.

Se compararon todos los resultados digitalizados con los de la forma analógica y dieron valores prácticamente iguales en todos los factores de corrección y de medición variando en algunos casos el 3 decimal, que se puede considerar despreciable.

Por lo que se comprobó el correcto funcionamiento del sistema de digitalización con contrastación y trazabilidad a cualquier otro instrumento de medición radiométrica calibrado.

### *7.3 Contrastación de la medición de diámetro de pozo (Calibre)*

Otra de las mediciones que puede realizar el equipo GOI-3500 es la de diámetro de pozo.

Esta sonda de medición de calibre tiene unas pequeñas patas en forma de trípode que se abren, tantean el perímetro del pozo, y hacen la medición

Para hacer la contrastación o calibración de esta medición no es necesario utilizar la Central de Calibración sino que existe una plantilla calibrada con agujeros de diámetros progresivos de dos pulgada por cada avance, se hicieron las mediciones de la sonda de calibre en esta plantilla y fueron exactas, por lo que se calibró esta medición al patrón existente para este fin en la CNEA, homologando así también las mediciones de diámetro de pozo calibre.

## 8 CONCLUSIONES

Se logró realizar con éxito la digitalización del equipo analógico de los años 70, con las nuevas tecnologías existentes actualmente y una PC con la configuración mencionada, haciéndolo transportable para el perfilaje en campo.

Las mediciones realizadas con el equipo digitalizado y sus factores de corrección, tienen trazabilidad a la central de calibración ubicados en la Villa 25 de Mayo en San Rafael Mendoza, perteneciente a la CNEA, que a su vez tiene trazabilidad a patrones internacionales de contrastación y determinación de factores de corrección en la toma de datos radiométricos.

La precisión de los datos adquiridos aumentó considerablemente.

La adquisición, el análisis, almacenamiento y graficación de los datos se hace de manera mucho más rápida, segura, y de fácil manejo.

El conocimiento adquirido, mediante este proceso de digitalización, se puede hacer extensivo a equipos electromédicos que actualmente tienen sus gráficas analógicas, sean señales Electroencefalográficas (EEG), Electrocardiográficas (ECG) u otras señales biológicas.

Equipos de medición de parámetros físicos con salida analógica de cualquier otra especialidad ya sea minera, petrolera o geológica también es posible aplicar este sistema de digitalización con modificaciones mínimas al software hecho para el GOI-3500.

## 9 AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de todo el personal de la CNEA perteneciente a la Unidad de Actividad Abastecimiento de Uranio, Sede Mendoza, y en

particular a su Gerente Lic. Pablo Navarra, que depositó la confianza en el proyecto.

## 10 REFERENCIAS

- [1] LabVIEW User Manual, National Instruments (USA), 2002
- [2] Lab-PC+ User Manual, National Instruments (USA), 1996
- [3] LabVIEW para Linux [www.ni.com/linux](http://www.ni.com/linux)
- [4] Documento interno de la CNEA, “Central de Calibración Radiométrica - Módulos de calibración y control de equipos de perfilajes gamma total de sondeo”, N° 73, 1983