

SISTEMA DE MONITOREO DE TASA DE DOSIS EQUIVALENTE AMBIENTAL EN EXTERIORES

**Novello, A.¹, Aranda, M.¹, Bubniak, N.¹, Castellanos, A. M.¹, Karl, M.¹,
Milidoni, M.¹, Sagarna, P.¹**

¹ Comisión Nacional de Energía Atómica

RESUMEN

El Centro Atómico Ezeiza (CAE), dependiente de la Comisión Nacional de Energía Atómica, es un predio que posee una superficie de aproximadamente 830 hectáreas. En el mismo se encuentran emplazadas Instalaciones Radiactivas y Nucleares que manipulan fuentes de radiación que podrán incrementar en sus alrededores la tasa de dosis equivalente ambiental.

La Subgerencia de Seguridad Radiológica, Física y Convencional, de la Gerencia de Área de Aplicaciones de la Tecnología Nuclear es la responsable por el monitoreo radiológico del ambiente, garantizando de este modo que se cumpla con la normativa regulatoria vigente.

Con el fin de monitorear periódicamente el nivel de radiación en el CAE, el sector está desarrollando un software que permite registrar las mediciones de tasa de dosis equivalente ambiental mediante un recorrido y verificar en tiempo real si las mismas se encuentran dentro de los valores normales, comparando el valor medido con los almacenados en una base de información que va creciendo a medida que se realizan mayor número de mediciones.

La interfaz gráfica permite visualizar la medición actual con los máximos, mínimos y promedios almacenados para la georeferencia de la misma.

El sistema posee alarmas programables cuando la medición supera los valores prefijados. El trayecto registrado puede ser exportado a la aplicación Google Earth, en una gráfica 3D coloreada en función de los valores.

El sistema está compuesto por un radiómetro, una antena receptora GPS de alta sensibilidad y una laptop con el software específico de desarrollo propio. El monitoreo puede ser llevado a cabo en un vehículo o en una mochila a pie según la disponibilidad de ingreso en los distintos caminos o lugares existentes.

Si bien actualmente el sistema se encuentra en desarrollo, permite realizar un control del impacto en la tasa de dosis equivalente ambiental de las instalaciones relevantes y encontrar en tiempo real anomalías en el fondo gamma del predio. Asimismo, los datos de medición se utilizarán para realizar un análisis estadístico, considerando la dinámica de sus variables, con el fin de obtener un modelo cada vez más fiel del fondo gamma real.

INTRODUCCIÓN

El Centro Atómico Ezeiza es una dependencia de la Comisión Nacional de Energía Atómica[1], en el mismo se encuentran emplazadas Instalaciones, un Reactor de Investigación y desarrollo, un Irradiador Semi- Industrial, Plantas de Producción, laboratorios e Institutos de formación que procesan y/o manipulan materiales radiactivos

con múltiples propósitos entre ellos se destacan:

- Producción de radioisótopos.
- Aplicaciones industriales de la radiación.
- Producción de combustible para las centrales de potencia.
- Gestión segura de residuos radiactivos.
- Aplicaciones metrológicas, industriales, agropecuarias y radiofarmacéuticas.
- Investigación.
- Desarrollo.
- Docencia.

El predio posee una superficie de aproximadamente 830 hectáreas, con caminos internos que comunican las Instalaciones emplazadas en el mismo. Las actividades y operaciones que se llevan a cabo con materiales radiactivos en estas instalaciones implican un incremento de la tasa de dosis equivalente ambiental alrededor de las mismas.

A continuación se describen las instalaciones relevantes para los fines del presente trabajo, que se encuentran situadas en el CAE:

- Reactor de Investigación y Producción, RA-3.

Sus propósitos principales son la producción de radioisótopos y la Investigación. En el mismo se irradian los blancos mediante los cuales se consigue garantizar la continuidad de la producción nacional de Molibdeno-99, importante radionucleído de aplicación en medicina nuclear, cumpliendo al mismo tiempo con compromisos internacionales en el campo de los usos pacíficos de la energía nuclear y la no-proliferación.

- Planta de Irradiación Semi-Industrial, P.I.S.I.

La Planta de Irradiación Semi-Industrial (PISI) brinda servicios de irradiación de productos y materias primas en escala industrial y pre industrial. En ella se irradian principalmente productos de uso médico, bancos de tejidos, productos odontológicos, farmacéuticos y de uso veterinario, envases, insumos para bioterios, material apícola, y alimentos para consumo humano y para mascotas. Los productos a tratar se colocan frente a la fuente de irradiación gamma durante un tiempo de exposición, que en forma previa y mediante ensayos, se determina como suficiente para que el producto absorba la energía necesaria para lograr el objetivo sin comprometer su seguridad, calidad o desempeño.

- Planta de Producción de fuentes selladas de Cobalto-60, PPFSCo-60. [2]

En la actualidad, la compañía es la primera productora en Latinoamérica y la tercera a nivel mundial de fuentes selladas de cobalto-60 (Co-60). En la actualidad se ocupa de comercializar el molibdeno-99 (Mo-99) que produce la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) a la República Federativa de Brasil.

- Planta de Producción de Radioisótopos, PPR.

El propósito de esta instalación es la purificación de radioisótopos para uso medicinal, agropecuario e industrial generados por activación en el RA-3 y provenientes de PPRF, siendo los más significativos: Molibdeno-99, Iodo-131, Fósforo-32 y Cromo-51.

- Planta de Producción de Radioisótopos por Fisión.

En la Instalación se separan y purifican los radionucleídos I-131 y Mo-99, generados por fisión en el RA-3. El Mo-99 genera por decaimiento Tecnecio-99m, que es el radionucleído de más amplio uso en medicina nuclear, ya que presenta características ideales para la realización de diagnósticos por imágenes y estudios de procesos metabólicos.

- Ciclotrón de Producción.

El Ciclotrón es un Acelerador de partículas que por medio de la aceleración múltiple de iones, éstos alcanzan elevadas velocidades para colisionar con otras partículas. En dicha instalación se produce Talio-201 para uso médico y recientemente se produce Fluor-18 también de uso en diagnóstico por imágenes en medicina nuclear. Próximamente se producirá el radioisótopo Iodo-123, que reemplazará al Iodo-131 en ciertos estudios de diagnósticos. El período de semidesintegración de los radioisótopos producidos con el Ciclotrón es muy corto, lo cual impide la posibilidad de importarlos. Su utilización propende a una modernización de los métodos de diagnóstico e investigación clínica y representa un mejoramiento para las prestaciones médicas a la población en nuestro país.

- Área de Gestión de Residuos Radiactivos, AGE.

La CNEA cuenta con el Área de Gestión de Residuos Radiactivos (Área de Gestión Ezeiza - AGE), en el Centro Atómico Ezeiza, emplazada en un predio de 8 hectáreas con instalaciones dedicadas al tratamiento, acondicionamiento, almacenamiento interino y disposición final de residuos de baja actividad. También dispone de una instalación licenciada para el almacenamiento interino de residuos de media actividad no acondicionados y de fuentes de irradiación en desuso, y un depósito transitorio para combustibles gastados del reactor de producción de radioisótopos e investigación RA-3, ubicado en el mismo Centro Atómico.

- Combustibles Nucleares Argentinos, CONUAR. [3]

La composición accionaria de CONUAR es 33% Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y 67% del Grupo Perez Companc. Esta compañía fabrica pastillas de uranio (tanto natural como levemente enriquecido) y componentes estructurales con los que se conforman los combustibles para reactores nucleares.

También fabrica elementos combustibles destinados a reactores de investigación (uranio enriquecido hasta el 20%) y barras controladoras de reactividad (núcleos de cobalto). Conuar realiza servicios en el área nuclear de las centrales, reactores de investigación, celdas calientes e instalaciones nucleares en general.

A continuación se muestran dos imágenes con la cartografía del predio del Centro Atómico Ezeiza, y una ampliación de la zona donde se encuentran las instalaciones más relevantes.

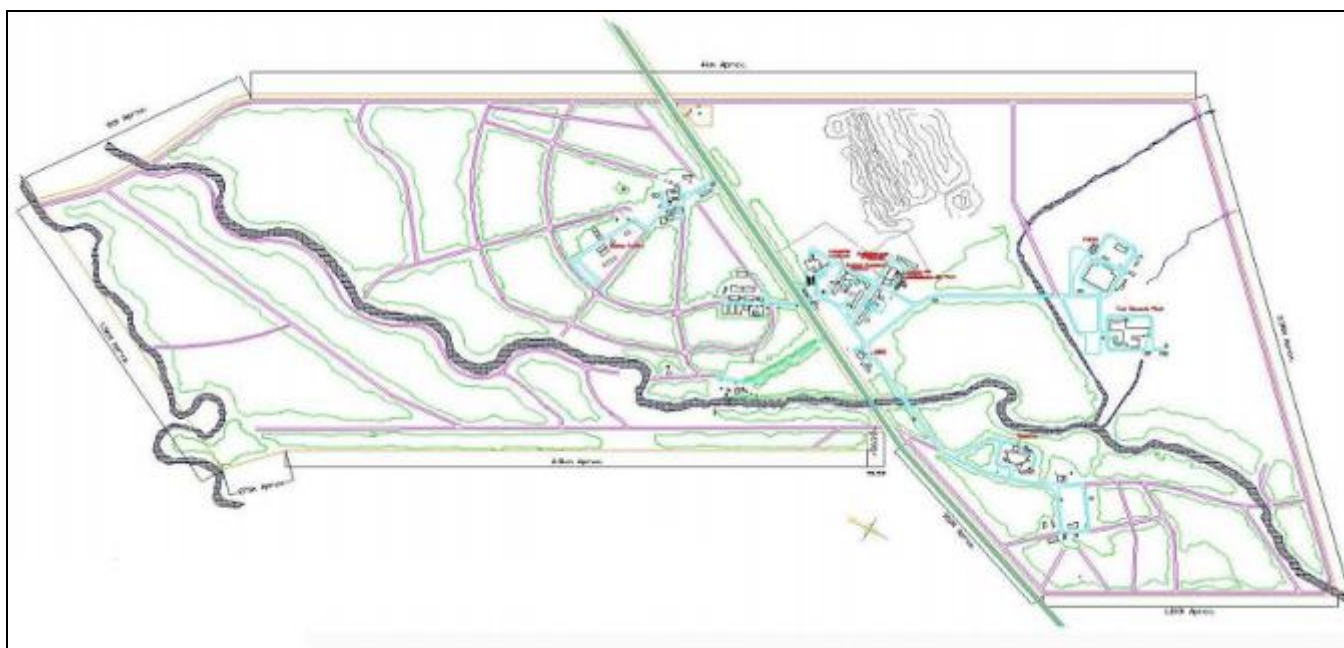


Imagen 1: Mapa del predio del CAE



Imagen 2: Detalle de la zona con las instalaciones más relevantes del CAE

La Subgerencia de Seguridad Radiológica, Física y Convencional, es la responsable de llevar a cabo el monitoreo radiológico del ambiente en el Centro Atómico Ezeiza[4], garantizando de este modo que se cumpla con la normativa regulatoria vigente[5],[6],[7],[8].

Uno de los objetivos del sistema de monitoreo es medir la tasa de dosis equivalente ambiental en los caminos y alrededor de las instalaciones emplazadas, analizar los datos registrados y finalmente registrar los mismos para poseer trazabilidad de los datos. En un predio donde existen campos de radiación variables estadísticamente como consecuencia de las operaciones en las Instalaciones existentes en el mismo el monitoreo es complejo y se requiere tiempo para analizar la información para llevar a cabo las evaluaciones.

El monitoreo mencionado se puede cumplir en forma estática, seleccionando puntos estratégicos y midiendo periódicamente en los mismos comparando con valores existentes en los registros o dinámicamente con un sistema que permita disponer de la información para poder ser analizada posteriormente. Actualmente la Subgerencia monitorea la tasa de dosis equivalente ambiental mediante la utilización de dosímetros termoluminiscentes integrando la misma por periodos trimestrales [9].

El sistema de monitoreo presentado en el presente trabajo permite llevar a cabo las tareas mencionadas precedentemente en forma eficiente y, lo que representa la principal ventaja, el operador del mismo puede verificar en tiempo real de monitoreo si las mediciones son esperables para el sector, comparando el valor medido con los almacenados en una base de información mediante el software específico.

Se encuentra en evaluación la utilización del sistema para emergencias radiológicas, especialmente aquellas que involucran dispersión de material radiactivo en vastas superficies.

También, la utilización del sistema para la búsqueda y localización de fuentes huérfanas o resultantes de ilícitos o pérdidas podría arrojar excelentes resultados.

El sistema está integrado por un radiámetro, una antena receptora GPS y una laptop con el software específico desarrollado por la Subgerencia para esta finalidad. Estos equipos se encuentran montados en un vehículo que se utiliza para llevar a cabo el traslado y monitoreo. Asimismo, tiene la ventaja de ser portable lo que permite monitorear sitios de difícil acceso con vehículos.

SISTEMA DE MONITOREO

A continuación se detallan los componentes del sistema:

Radiámetro:

El software de monitoreo permite utilizar, hasta la fecha, dos equipos que cuenta la Subgerencia de Seguridad que miden tasa de dosis equivalente ambiental en los niveles del fondo natural de radiación. Los equipos utilizados son el radiámetro RadEye [10], modelo PRD y el ESM FH 40G-L10 con la sonda externa NRB, FHZ 672 E-10 [11], ambos de la marca Thermo.

RadEye:

Es un dispositivo de medición de alto rendimiento que posee un detector de NaI (TI) incorporado.

El rango de medición parte desde $0.01\mu\text{Sv/h}$ hasta $250\mu\text{Sv/h}$ y trabaja con un rango de energía de 60keV a 1.3MeV, incluso posee una muy buena detección de 30keV de energía. También, presenta una excelente supresión de la radiación cósmica de fondo, del 95%. La conexión con la computadora se lleva a cabo mediante lector infrarrojo conectado a un puerto COM virtual enviando una sentencia con la información de la medición con una frecuencia de 2Hz.



Imagen 3: Radiámetro PRD RadEye

FH 40G:

Utilizado con la sonda externa FHZ 672 E-10 permite medir desde 1 nSv/h hasta 1 Sv/h informando el estándar H*(10) en el rango de energías de 48 KeV hasta 6 Mev. A su vez, este equipo informa si la radiación que se está midiendo es debida a radionucleidos naturales, NORM o artificiales encendiendo un LED rojo o verde según corresponda.



Imagen 4: Equipo 40G-L10 con la sonda externa NRB, FHZ 672 E-10

Antena GPS.

La antena GPS integrada, modelo GPS GARMIN 19x HVS, es de alta precisión y sensibilidad, y proporciona frecuencias de actualizaciones de hasta 10 Hz para los datos de posición, velocidad y tiempo. El receptor de 32 canales puede rastrear varios sistemas globales de navegación por satélite, incluidos GPS, GLONASS, Galileo y QZSS. Dado que hay más satélites visibles, puede proporcionar posiciones más precisas en condiciones adversas. La conexión con la computadora se lleva a cabo a través de un puerto COM virtual mediante protocolo NMEA.



Imagen 5: Antena receptora

Unidad Móvil.

El vehículo donde fue montado el equipamiento que se utiliza rutinariamente para el monitoreo es una camioneta tipo pick-up Volkswagen Amarok 4x4 la cual permite acceder en lugares de difícil acceso dentro del CAE. En la imagen que se muestra a continuación se puede observar el sistema instalado para su funcionamiento.





Imagen 6: Unidad móvil con el sistema instalado.

Software.

El software se desarrolló en el sector, utilizando el entorno de desarrollo integrado Visual Studio 2010 programando en lenguaje Visual Basic .NET, el cual se puede ejecutar en cualquier computadora con sistema operativo Windows XP o superior. En este caso se utilizó una notebook estándar debido a la ventaja de la portabilidad.

Cuando se lleva a cabo el monitoreo, el sistema genera un archivo que almacena la información de la tasa de dosis equivalente ambiental, asociada a una geo-referencia. A su vez, este archivo o cualquier otro, pueden ser utilizados como patrón para verificar en tiempo real la relación del valor actual de medición con el almacenado en el sistema y determinar si el nivel de radiación es compatible con valores previamente recolectados. Esta información es muy útil especialmente cuando se muestrean amplias zonas donde se cuenta con abundante información.

Básicamente, el software determina por cada medición (aproximadamente cada 0,5 segundos) la distancia existente con cada punto geo-referenciado del patrón, los cuales pueden provenir de uno o varios monitoreos anteriores. Luego determina los *Puntos Cercanos*, los cuales son aquellos que se encuentran a una distancia menor a la establecida por el operador del muestreo, habitualmente se utiliza entre 5 y 20 metros. Una vez obtenidos los *Puntos Cercanos*, el software encuentra en los mismos el valor de medición máximo, el mínimo y calcula el promedio. Estos últimos valores conjuntamente con el valor de medición que dio origen al cálculo mencionado se grafican en tiempo real de monitoreo para determinar si la medición se encuentra dentro de los valores almacenados en el sistema.

En las siguientes imágenes se puede observar la interfaz principal del software durante un monitoreo, en la misma se observan por cada medición, aproximadamente cada 0,5 segundos el valor medido (rojo), el promedio de todas las mediciones previas cargadas dentro del radio programado (verde oscuro) y los valores mínimos y máximos de las mismas representados por el área verde.

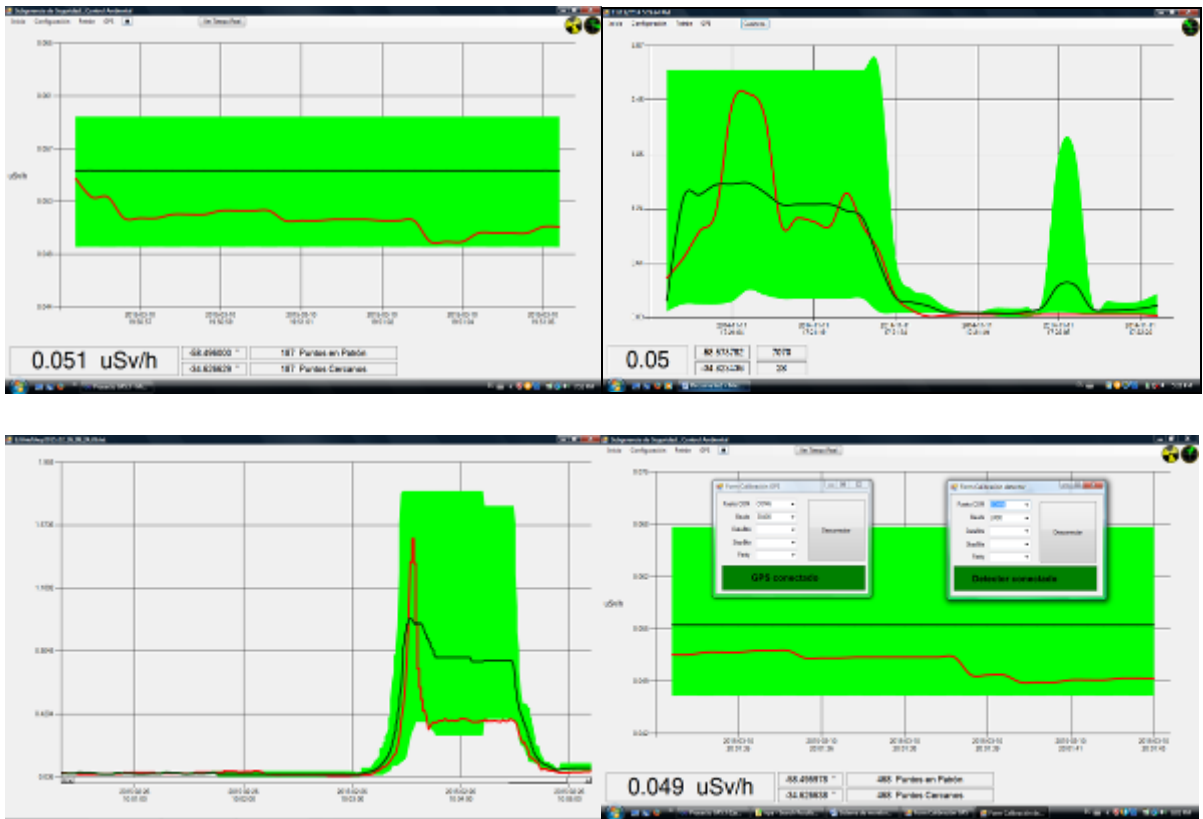


Imagen 6: Interfaz principal del software en funcionamiento durante un monitoreo en campo, con patrón de referencia cargado.

El software, a su vez, permite exportar la información del monitoreo a la aplicación Google Earth, realizando graficas en 2D y 3D.

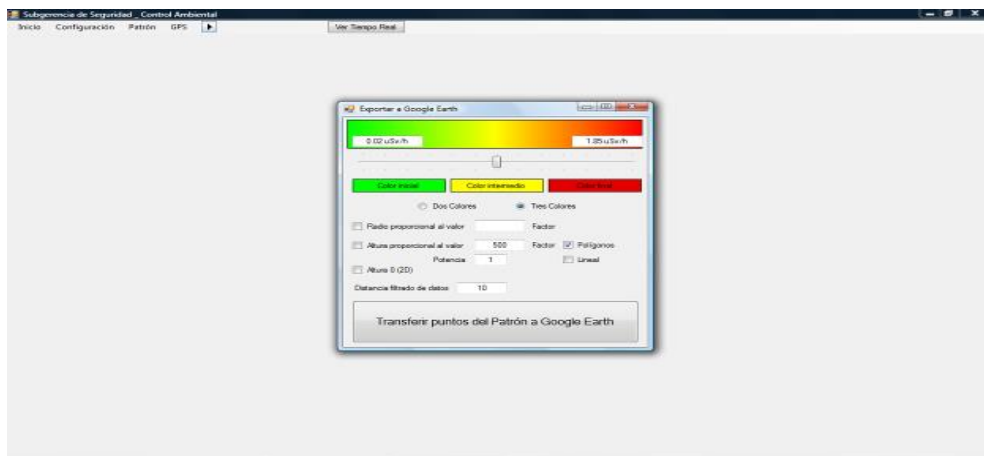


Imagen 7: Interfaz del software que transfiere la información de un recorrido a Google Earth.



Imagen 8: Imágenes de Google Earth de monitoreos llevados a cabo con el sistema.

CONCLUSIONES

Como conclusión se puede mencionar que el sistema es una herramienta de alto valor para llevar a cabo los monitoreos de tasa de dosis equivalente ambiental en el predio del CAE, registrando toda la información de los recorridos que se realizan y determinando en tiempo real si los valores medidos se encuentran comprendidos dentro de los rangos normales almacenados en el sistema, o si existen anomalías.

Si bien actualmente el sistema se encuentra en desarrollo, permite realizar un control del impacto en la tasa de dosis equivalente ambiental de las Instalaciones Relevantes y encontrar en tiempo real anomalías en el fondo gamma del predio. Asimismo, los datos de medición se utilizarán para realizar un análisis estadístico, considerando la dinámica de sus variables, con el fin de obtener un modelo cada vez más fiel del fondo gamma real.

REFERENCIAS

1. "Website CNEA", <http://www.cnea.gov.ar/>.
2. "Website CONUAR", <http://www.conuar.com.ar>.
3. "Website DIOXITEK", <http://www.dioxitek.com.ar>.

4. “Misiones y Funciones”, Sección Vigilancia Radiológica Ambiental, *Subgerencia de Seguridad, Centro Atómico Ezeiza, Comisión Nacional de Energía Atómica.*
5. Norma AR 6.1.1., “Exposición Ocupacional en Instalaciones Radiactivas Clase I”, *Autoridad Regulatoria Nuclear.*
6. Norma AR 10.1.1., “Norma Básica de Seguridad Radiológica”, *Autoridad Regulatoria Nuclear.*
7. Guía AR 13, “Almacenamiento de Residuos Radiactivos”, *Autoridad Regulatoria Nuclear.*
8. “Website ARN”, <http://www.arn.gov.ar/>.
9. Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental, Comisión Nacional de Energía Atómica, centro Atómico Ezeiza, Subgerencia de Seguridad.
10. “Website Thermo, RadEye,” <http://www.thermoscientific.com/en/product/radeye-prd-prd-er-personal-radiation-detector.html>.
11. “Website Thermo, FH 40 G NBR Survey Meter”,
<http://www.thermoscientific.com/en/product/fh-40-g-nbr-survey-meter.html>.