

LA REVISTA DE LA
**COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**



AÑO IX – NÚMERO 33/34 – ENERO / JUNIO 2009



**ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN
EL ESTUDIO DE BIENES CULTURALES**

ISSN 1666-1036

Guía para autores de artículos

Línea Editorial: Los artículos podrán ser originales o haber sido presentados en eventos científicos o en revistas ajenas al área nuclear que permitan su publicación con la sola mención de esa circunstancia, y estar dirigidos a la comprensión de un lector con formación científica o tecnológica, pero no necesariamente en el área temática del mismo.

Envío: Deberán enviarse por correo electrónico a la dirección revista@cnea.gov.ar.

Formato: Serán preparados en Word for Window ® y la página será tamaño especial 196 mm. x 275 mm. Los márgenes serán: izquierdo y derecho 1,5 cm., superior 3 cm. e inferior 2 cm. El tipo de letra será Arial de 10 pt. No deberán sobrepasar las doce páginas.

Título: Constará de no más de diez palabras, debiendo dar indicación concisa del contenido y ser fácilmente identificable para su cita en bibliografías y publicaciones editadas por servicios de información. Podrá ser seguido por un subtítulo separado por dos puntos que contenga información complementaria. Se evitarán las abreviaturas, acrónimos, códigos, símbolos y fórmulas que no sean de uso común.

Datos del (los) autores:

Deben constar los apellidos y nombre(s) propio(s), usándose iniciales sólo en el caso de más de un nombre. Se indicará(n) además la(s) función(es) y/o puesto(s) de trabajo y el(los) organismo(s) a que pertenece(n).

Resúmenes de los artículos:

Cada artículo será precedido por un resumen del contenido, redactado en castellano e inglés, que sea autosuficiente, contenga la información básica y no supere las trescientas palabras, estructurado en no más de dos o tres párrafos. Se utilizarán verbos en voz activa y palabras significativas tomadas del texto que ayuden a la recuperación automática por ordenador. Conviene evitar términos infrecuentes, acrónimos, siglas, abreviaturas o símbolos, y en caso de que se utilicen deben definirse la primera vez que aparezcan en el resumen.

Texto Principal: Los artículos deben seguir un orden lógico y claro, debiéndose indicar la finalidad del trabajo, así como su relación con otros anteriores. Las divisiones y subdivisiones se podrán destacar con títulos apropiados que podrán numerarse. Se utilizarán notaciones normalizadas para cada disciplina, como las establecidas por las normas IRAM u otros organismos de normalización. Las notas a pie de página sólo se incluirán para complementar la información o remitir a las referencias bibliográficas, pero no deben contenerlas.

Las figuras (fotografías, gráficos, diagramas, ilustraciones y mapas) deben numerarse secuencialmente en números arábigos y estar acompañadas por una leyenda explicativa. Las tablas también deben numerarse y tener títulos apropiados. Tanto las figuras como las tablas deben referenciarse en el texto. Su envío se hará en lo posible en formato jpg o bmp.

Los aportes suministrados por otros deben ser claramente reconocidos. Los documentos citados en el texto principal se incluirán en una lista de referencias al final del artículo.

Referato: Serán considerados para su publicación por miembros del Comité Científico y, eventualmente, se consultará con especialistas del área temática correspondiente sobre su relevancia y originalidad.

Derechos de autor: Los trabajos publicados sólo podrán copiarse con el consentimiento del autor e indicación de su procedencia.

Erratas: Las correcciones a que hubiere lugar se publicarán en la edición posterior.

LA REVISTA DE LA
**COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**



AÑO IX – NÚMERO 33/34 – ENERO - JUNIO 2009

editorial

Comité Editorial se complace en presentar el número 33/34 de la Revista de la CNEA con el que inicia su noveno año de existencia.

Nuevamente en este número se incluye un variado menú de artículos de gran actualidad que abarcan tópicos diversos de la amplia gama de aplicaciones de los usos pacíficos de la energía nuclear.

Así, en uno de ellos, se analiza el costo efectividad en la mitigación de gases con efecto invernadero de las fuentes de energía solar, eólica y nuclear, concluyendo que esta última es, sin duda alguna, la más eficiente de las tres.

Otro artículo describe someramente los principios del método de irradiación de alimentos; sus principales aplicaciones, ventajas y limitaciones; su inocuidad; las actividades actuales que en este campo se desarrollan en el Centro Atómico Ezeiza; los trabajos de investigación que al respecto coordina el Organismo Internacional de Energía Atómica; la formación de recursos humanos en esta disciplina y ciertos aspectos de la legislación, la normativa y la comercialización nacional e internacional.

La experiencia reunida en los laboratorios de la CNEA en el estudio de bienes culturales, en particular de objetos arqueológicos, históricos y artísticos, ha permitido desarrollar una metodología específica dado que, a diferencia de los bienes industriales, presentan características particulares por el hecho que son únicos e irremplazables. Si un objeto es catalogado como perteneciente al patrimonio cultural y es necesario realizarle algún estudio para verificar ciertas particularidades que no se pueden observar a simple vista, la aplicación de los Métodos de Ensayos No Destructivos constituye una herramienta de gran utilidad para efectuar la evaluación, determinar el estado de conservación, verificar posibles restauraciones y elaborar un diagnóstico general del objeto inspeccionado. Un tercer artículo se refiere precisamente a la aplicación de esta herramienta en el estudio de bienes culturales.

Un cuarto artículo relata la historia del Centro Nuclear Tuwaitha de la República de Irak desde su creación hasta su destrucción durante las guerras del Golfo y da cuenta del programa de asistencia internacional que el Organismo Internacional de Energía Atómica y otros países han elaborado para las futuras tareas de desmantelamiento de las instalaciones y la remediación del sitio.

También este número incluye - por primera vez - bajo la forma de un reportaje, información referida a la participación de la CNEA en el proyecto internacional de certificación de materiales de referencia.

Así mismo vuelve a presentar la sección "*Aclaraciones y comentarios*", en esta oportunidad para dar cabida las aclaraciones y comentarios que han hecho llegar al Comité Editorial los lectores Ing. Héctor Espejo y Lic. Marta Rauch en relación con el artículo "*Reflexiones sobre el desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina*" del que es autor el Ing. Domingo Quilici, aparecido en la Revista de la CNEA AÑO VIII - Número 31/32 - periodo julio/diciembre 2008. Se trata principalmente de aportes que enriquecen el contenido del artículo.

Como en los números anteriores se incluyen las secciones "*CNEA al Día*" y "*Reseñas bibliográficas*".

Se reitera la invitación a todos los integrantes del sector nuclear, con prescindencia del organismo al que pertenezcan o hayan pertenecido, y a quienes estén o hayan estado vinculados a la actividad nuclear en cualquier circunstancia, que tengan trabajos que deseen difundir, a que los hagan llegar a este Comité Editorial.

autoridades nacionales

Presidente de la Nación
Doctora Cristina E. Fernández de Kirchner

Ministro de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Arquitecto Julio Miguel De Vido

Secretario de Energía
Ingeniero Daniel Omar Cameron

autoridades institucionales

Presidenta
Licenciada Norma Luisa Boero

Vice-Presidente
Ingeniero Mauricio Bisauta

Gerente General
Doctor Carlos Rubén Calabrese

comité asesor

Doctor Carlos Aráoz
Doctor Jim Cronin
Doctor Juan Martín Maldacena
Doctor Renato Radicella

comité editorial

Ingeniero Pascual Fernando Aguirre
Capitán de Navío (R) Roberto Mario Ornstein

Diseño de tapa Licenciada Stella Spurio
Impresión VCR. Impresores S.A.
ISSN: 1666-1036



Fotos de tapa

Empleo de Ensayos No destructivos en el estudio de bienes culturales. La de abajo a la izquierda es la imagen visual del sector bajo estudio de la pintura de arriba. La de abajo a la derecha es la que se obtiene mediante Reflectografía Infrarroja Banda IRI en la que se observa un jinete oculto bajo la capa pictórica.

sumario

Editorial	3
Costo efectividad de la mitigación de gases de efecto invernadero	5
Irradiación de alimentos: situación en 2009	10
Los métodos de ensayos no destructivos para el estudio de bienes culturales	18
Historia del Centro Nuclear Tuwaitha desde su creación hasta su destrucción durante las guerras en Irak	28
Certificación de materiales de referencia para el análisis químico	35
Aclaraciones y comentarios	38
CNEA al día, noticias institucionales	39
Reseñas bibliográficas	42

Costo efectividad en la mitigación de gases con efecto invernadero

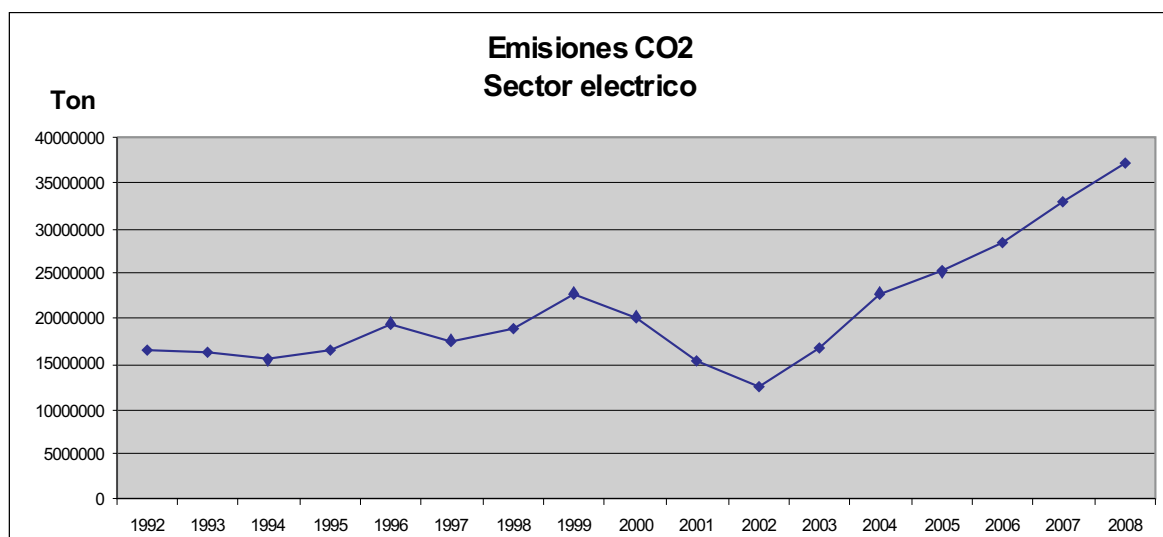
FRANCISCO CARLOS REY – Comisión Nacional de Energía Atómica

Éste trabajo analiza el costo efectividad en la mitigación de gases con efecto invernadero de las fuentes de energía solar, eólica y nuclear, concluyendo que esta última es sin duda alguna la más eficiente de las tres.

Por otra parte, es la única que puede instalarse sin límite de magnitud y cerca de la demanda y es por ello que varios referentes del mundo ecológico, que hasta hace poco la denostaban, recientemente han variado su opinión defendiéndola como la única alternativa realista para combatir las emisiones de esos gases.

This paper analyzes the cost-effectiveness in the mitigation of green house gases from solar, eolic and nuclear energy sources, concluding that nuclear is, not doubt, the most efficient. On the other hand, nuclear is the unique source that can be installed without limit in magnitude and in the proximity of the demand, and is for all these reasons that several environmental referents in the world have changed their perception on this source and defend it as the unique actual alternative to fight against the emission of green house gases.

En nuestro país, entre el año 2002 y el 2008, las emisiones de anhídrido carbónico (CO₂) del equipamiento de generación eléctrica conectado al sistema eléctrico interconectado de nuestro país se han prácticamente triplicado como consecuencia de la mayor quema de combustibles fósiles. Es decir que han pasado de alrededor de 12.500.000 toneladas de CO₂ en el año 2002 a alrededor de 37.250.000 toneladas en el año 2008.



Esta multiplicación de las emisiones (crecimiento de 20 % anual promedio) en un lapso tan corto (6 años) es preocupante y amerita comenzar a evaluar alternativas para evitar que sigan creciendo.

Cabe aclarar que este análisis se ha realizado sobre el Sistema Eléctrico Interconectado (SADI), que administra la empresa CAMME S.A., con datos de generación y consumo de combustibles fósiles provenientes de esta última y que, por lo tanto, no incluye a los autogeneradores ni a las regiones aisladas que no se encuentran vinculadas al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), que por otra parte son de baja magnitud respecto del MEM.

La causa principal de este incremento es el importante crecimiento de la demanda de energía eléctrica en estos años (producto del crecimiento económico en el mismo lapso) y que esta fue satisfecha principalmente con generadores térmicos que utilizan combustibles fósiles.

Todo indica que en el horizonte cercano esta tendencia de crecimiento va a continuar y sólo será atenuada por eventuales disminuciones de la demanda de electricidad o por el ingreso de generadores que no emitan los mencionados gases.

En el primer caso, la incidencia en nuestro país de la actual crisis económica mundial va a provocar una disminución de la tasa de crecimiento de magnitud difícil de prever y, como consecuencia de ésta, una también disminución de la tasa de crecimiento de la demanda eléctrica que debería ser de corta duración. Coadyuvando con lo mencionado, las medidas de ahorro y eficiencia energética que se tomen también colaboraran en una disminución de la tasa de crecimiento de esa demanda.

En el segundo caso, si bien existe en elaboración un plan energético que prevé un gran aporte de las generaciones hidráulica, nuclear y eólica en el horizonte cercano, sólo se visualizan por el momento el aumento en la cota de Yaciretá y la terminación de la Central Nuclear de Atucha II como dos importantes aportes a la generación eléctrica que no emiten estos gases,

pues las obras hidráulicas y nucleares requieren periodos prolongados de estudios previos y de ejecución de la construcción, hasta su puesta en producción.

Ante este crecimiento de las emisiones y sus consecuencias, se promueven soluciones de distinto tipo, sin analizar realmente cuanto le cuesta cada una de estas alternativas a la sociedad en su conjunto (o a los usuarios si se trasladan sus costos a la tarifa eléctrica). Solo se analiza si evitan o no las mencionadas emisiones y todas estas soluciones, sin excepción, exigen inversiones, en algunos casos irrecuperables, del Estado Nacional.

Sin embargo entendemos que el Estado Nacional, en el uso de los dineros públicos, antes de tomar decisiones debe realizar un profundo estudio de costo-efectividad. Es decir que en el caso particular del Estado Nacional en lugar del conocido costo beneficio, que utilizan las empresas privadas, debe regir el denominado costo efectividad. Esto es debido a que los Estados Nacionales no necesitan perentoriamente obtener beneficios de sus inversiones pero si deben ser efectivos y eficientes en el uso de los dineros públicos.

En este sentido, debe destacarse que el concepto de eficiencia implica adquirir la capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles, mientras que la eficacia consiste en desarrollar capacidades para lograr el efecto que se desea o se espera, sin que priven para ello los recursos o los medios empleados.

Se entiende por costo efectividad el ser efectivo en conseguir un determinado objetivo al menor costo, es decir siendo eficiente en el uso de los medios para conseguirlo.

Los objetivos pueden ser de tipo social (erradicar una enfermedad, construir viviendas, hospitales, etc.), ambientales (limpiar el Riachuelo, mitigar las emisiones de gases con efecto invernadero, etc.), políticos, estratégicos, etc. Algunos de estos son objetivos que se deben cumplir independientemente del costo que ello implique, pero siempre con la premisa (especialmente el Estado Nacional) de la búsqueda de los caminos que lo cumplan al menor costo, pues de no hacerlo así se estarán dilapidando los dineros públicos.

Cuando se habla de la mitigación de la emisión de gases con efecto invernadero y a través de qué medios o fuentes energéticas se puede concretar mejor este objetivo no debemos soslayar la obligación del Estado de ser eficiente y efectivo en el uso de los dineros públicos. Y para ello se debe comparar el costo que tienen las distintas alternativas que cumplen con el objetivo deseado y seleccionar aquellas que le representen a la sociedad el menor costo.

Una forma es determinar cuanto cuesta para cada alternativa el evitar la emisión de una determinada cantidad de gases con efecto invernadero y otra forma de hacerlo es determinar los kilogramos de CO₂ (principal gas con efecto invernadero) evitados por cada dólar invertido en distintas tecnologías y compararlos.

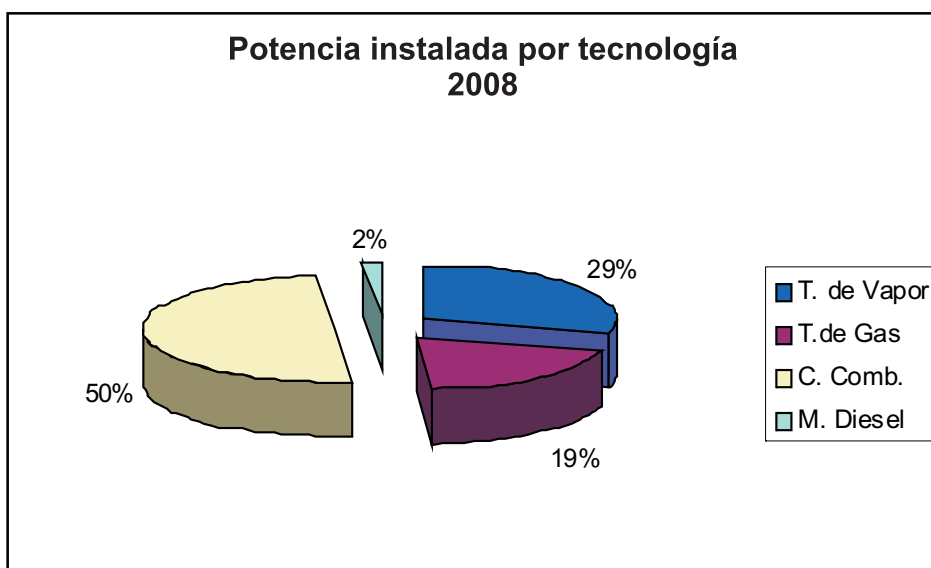
Utilizando esta última forma de evaluar se consideraron tres tecnologías: nuclear, eólica y solar. No se considero la energía hidráulica, a pesar de que compite bien con las otras, porque los proyectos hidroeléctricos y sus costos son individuales, no repetibles, y dependen de la geografía de la zona donde se localizan, a diferencia de las otras tres tecnologías mencionadas que se pueden analizar en forma genérica. Esto significa que la energía hidráulica es una buena alternativa como fuente de generación eléctrica que no emite gases con efecto invernadero pero que debe analizarse proyecto por proyecto.

En el caso de eólica y solar no se considero la desventaja de la necesidad que tienen de contar con acumulación para emprendimientos donde estén solas, ni la energía de respaldo que requiere la primera cuando esta conectada a la red por su variabilidad en el tiempo, motivo por el que se las define como "energías no gestionables". Tampoco se considero la ventaja que tienen en el caso de regiones donde no hay acceso al gas natural de la posibilidad de restar demanda y por lo tanto disminuir el uso de combustibles líquidos con costos ventajosos.

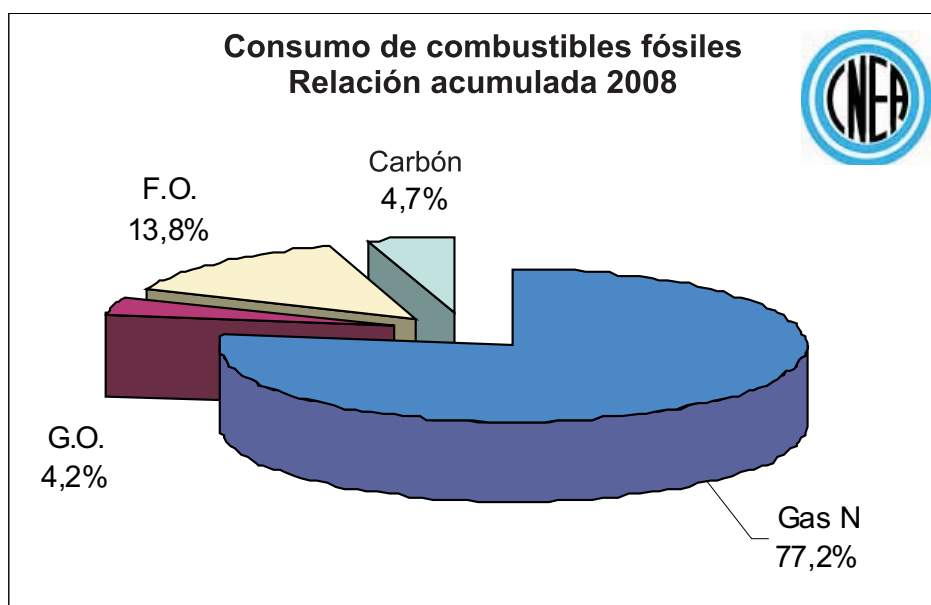
Se determino primero la cantidad de energía que se obtiene por cada dólar invertido para cada una de las tecnologías analizadas teniendo en cuenta los costos de inversión y las disponibilidades de cada fuente.

Tecnología	Inversión (U\$S/KW)	Disponibilidad	Generación (KWh/U\$S)
Nuclear	2.000	0.9	3.942
Eólica	1.300	0.3	2.022
Solar	2.600	0.2	0.674

Luego se analizo cual es la emisión de gases con efecto invernadero por KWh que produce el parque térmico argentino y que se evitaría al utilizar fuentes que no generen estos gases (especialmente Co₂). Se consideraron las distintas tecnologías que componen el parque de generación conectado al MEM a fines del año 2008.



También se consideró el distinto tipo de combustibles que utiliza este sistema y la relación entre sí que guardan en el mismo año.



De acuerdo con el consumo de combustibles fósiles y la generación eléctrica de este origen que tuvo el MEM durante el año 2008 se encontró que la emisión promedio de CO₂ del parque térmico conectado al MEM fue en este año de 528 gr. por kWh generado.

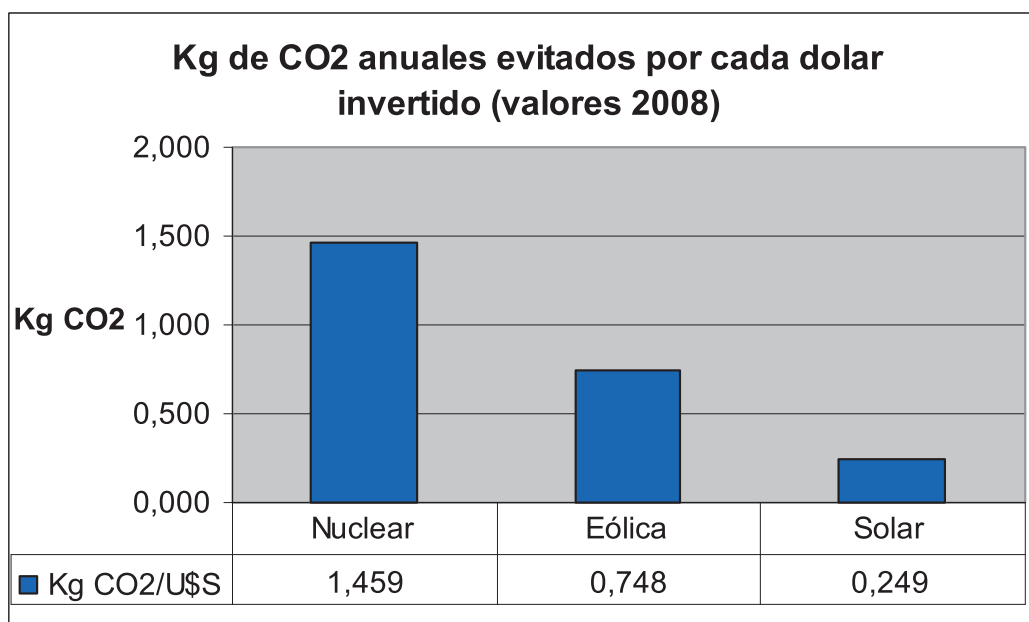
En el análisis de las tecnologías que queman estos combustibles se encontró que existe una gran variación en la magnitud de las emisiones por kWh generado, dependiendo de la tecnología y el combustible fósil utilizado.

TECNOLOGÍA	Combustible	Poder calorífico	Rendimiento	Consumo Combustible	Factor de emisión	Emisiones
		Kcal/unid	Kcal/kWh	Kg/kWh	KgCO2/Kgcomb	KgCO2/kWh
Turbina de Gas	Gas natural	8.400/m3	2.300	0,202	2,750	0,554
	Diesel	10.400/Kg.	2.300	0,221	3,14	0,694
Turbina de vapor	Gas natural	8.400/m3	2.300	0,202	2,75	0,554
	Fuel Oil	9.800/Kg.	2.300	0,235	3,14	0,737
	Carbón	5.400/Kg.	2.300	0,426	2,57	1,095
Ciclo Combinado	Gas Natural	8.400/m3	1.550	0,136	2,75	0,373
	Diesel	10.400/Kg.	1.550	0,149	3,14	0,468

Debido a que las previsiones de equipamiento nuevo a instalar son, por su menor costo y mayor eficiencia, en su mayoría ciclos combinados para funcionar con gas natural, se optó por considerar en los cálculos posteriores un valor de emisión de 370 gr. por kWh, entendiendo que las nuevas incorporaciones al parque de generación eléctrica a partir de combustibles fósiles será preferentemente en esta tecnología.

Por otra parte, aunque el valor evitado sea probablemente mayor que el utilizado en este trabajo, porque también se incorporará equipamiento de otras tecnologías, más emisoras, este hecho, sin embargo, no modificará la relación entre sí de las distintas fuentes analizadas por lo que no invalida la conclusión, pues de ser así la cantidad evitada sería mayor por dólar invertido pero el incremento será proporcional en cada una de las tecnologías analizadas.

El análisis también incluye sólo a la etapa de generación eléctrica sin incluir a las emisiones producidas en el ciclo de combustible nuclear ni en las emisiones realizadas para producir los materiales necesarios para la construcción de los generadores; entendiendo que son equivalentes en los tres casos y de escaso valor comparado con los de la quema de combustibles fósiles.



Como se puede apreciar un dólar invertido en energía nuclear evita aproximadamente el doble de emisiones de CO2 que un dólar invertido en energía eólica y mucho más respecto de la energía solar. La energía nuclear es sin ninguna duda la más eficiente de las tres fuentes analizadas para la mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero.

Por otra parte, es la única que se puede instalar sin límite de magnitud y cerca de la demanda y es por ello que varios referentes del mundo ecológico, que hasta hace poco la denostaban, recientemente han variado su opinión defendiéndola como la única alternativa realista para combatir las emisiones de gases con efecto invernadero.

Sin embargo, esto no significa que se deban descartar las otras dos tecnologías, especialmente la eólica, pues ésta tiene la ventaja que se puede instalar en regiones donde el recurso viento es muy importante y en forma distribuida con el objeto que se mencionara anteriormente de restar demanda, además de la ventaja respecto de la nuclear e hidráulica de

tener una mayor velocidad de instalación.

En una planificación ordenada se debe definir y ver bien el objetivo de largo plazo pero no descuidar la coyuntura y el corto plazo.

Para la coyuntura y el corto plazo no existen demasiadas alternativas que concluir con la mayor rapidez posible las obras en ejecución (aumento de la cota de Yaciretá y terminación de la Central Nuclear Atucha II), pero también cubrir las necesidades de esta etapa con equipamiento térmico y/o eólico de rápida instalación.

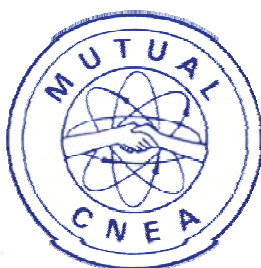
Para el largo plazo la prioridad debe estar en las obras nucleares e hidráulicas, pero teniendo en cuenta que para poder contar con ellas en el mediano o largo plazo se deben comenzar a gestionar lo antes posible.

MUTUAL CNEA

FONDO COMPENSADOR DE LA ACTIVIDAD NUCLEAR



La Mutual CNEA es el exitoso fruto de la inquietud de un grupo de empleados de la CNEA que, con espíritu solidario, concibió la creación de un fondo compensador que mejorase la situación de jubilados y pensionados de la actividad nuclear.



29 años
1980 - 2009

BENEFICIOS PARA LOS ASOCIADOS

- Complementos jubilatorios o pensionarios
- Créditos hipotecarios, personales y otros
- Subsidios por casamiento, nacimiento/adopción o fallecimiento
- Descuentos en comercios y hoteles adheridos

**14 DELEGACIONES EN
TODO EL PAÍS**

1.676 ASOCIADOS

**COMPLEMENTOS
OTORGADOS**

Jubilatorios 762

Pensionados 503

**CONSULTE CONDICIONES
DE INGRESO O REINGRESO
EN SU DELEGACIÓN**

**MUTUAL DEL PERSONAL DE
LA COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**

Administración Central

Tel/Fax: 011-4701-0355 / 5059

11 de septiembre N° 4366/68

C1429BJF – C. de Buenos Aires

mutualcnea@cnea.gov.ar

mutualcnea@tutopia.com

“Irradiación de alimentos: situación en 2009”

PATRICIA NARVAIZ- Responsable Irradiación de Alimentos- Gerencia de Aplicaciones y Tecnología de Radiaciones - Comisión Nacional de Energía Atómica

RESUMEN

Se describen someramente los principios del método de irradiación de alimentos; sus principales aplicaciones, ventajas y limitaciones; inocuidad; las actividades actuales en el Centro Atómico Ezeiza; los trabajos de investigación coordinados por el Organismo Internacional de Energía Atómica; la formación de recursos humanos y algunos aspectos de legislaciones, normas y comercialización nacional e internacionales.

Actualmente las legislaciones de 56 países autorizan el consumo de diversos alimentos irradiados y su comercialización se realiza en 32 países, con alrededor de 200 instalaciones. Argentina, pionera en América Latina en conocimiento y aplicaciones de la energía nuclear, también lo fue en irradiación de alimentos. Se observa un continuo incremento de los volúmenes industriales tratados en las dos instalaciones gamma en operación. Productores e industria alimentaria demuestran interés para que se construyan más plantas de irradiación. Sin embargo, un estancamiento de 15 años en la obtención de nuevas aprobaciones en el Código Alimentario, a pesar de sucesivas gestiones realizadas por la CNEA y algunas industrias alimentarias, limita la implementación industrial a gran escala de este proceso, constituyendo una desventaja ante la futura comercialización en ámbitos regionales tales como el MERCOSUR, donde Brasil desde 2000 autoriza libremente la irradiación de alimentos. Asimismo se perderán oportunidades importantes en el comercio internacional con países de alto poder adquisitivo como los Estados Unidos, con alta demanda de productos frutihortícolas en contra estación, lo cual redundará en un alto precio.

Las instalaciones industriales de irradiación argentinas han sido diseñadas y construidas en el país. Argentina produce cobalto-60. Estas capacidades, inusuales en el mundo y especialmente en Latinoamérica, deberían ser protegidas y potenciadas. El hecho de que las instalaciones de irradiación sean pocas y estén concentradas en las cercanías de la ciudad de Buenos Aires limita fuertemente las posibilidades de aplicación comercial y aún de investigación y desarrollo para la mayor parte del país.

Food irradiation principles; its main applications, advantages and limitations; wholesomeness; present activities at the Ezeiza Atomic Center; research coordinated by the International Atomic Energy Agency; capacity building; and some aspects on national and international regulations, standards and commercialization are briefly described.

At present 56 countries authorize the consumption of varied irradiated foods; trade is performed in 32 countries, with about 200 irradiation facilities. Argentina pioneered nuclear energy knowledge and applications in Latin America, food irradiation included. A steady growth of food industrial volumes treated in two gamma facilities can be observed. Food industry and producers show interest towards new facilities construction.

However, a 15 years standstill in incorporating new approvals in the Argentine Alimentary Code, in spite of consecutive requests performed either by CNEA or some food industries restricts, a wider industrial implementation, which constitute a drawback to future regional commercialization in areas such as MERCOSUR, where Brazil since 2000 freely authorize food irradiation. Besides, important chances in international trade with developed countries will be missed, like the high fresh fruits and vegetables requirements United States has in counter-season, leading to convenient sale prices.

The Argentine food irradiation facilities have been designed and built in the country. Argentina produces Cobalt- 60. These capacities, unusual in the world and particularly in Latin America, should be protected and enhanced. Being the irradiation facilities scarce and concentrated nearby Buenos Aires city, the possibilities of commercial application and even research and development are strongly limited for most of the country regions.

INTRODUCCIÓN

La irradiación de alimentos es un método de conservación comparable a otros, en particular a los que emplean calor, ya que su efecto es biocida. Consiste en exponer el producto a la acción de radiaciones ionizantes durante un cierto lapso, proporcional a la cantidad de

energía que se desee que el alimento absorba. Esta cantidad de energía por unidad de masa de producto se define como dosis; su unidad es el Gray (Gy): absorción de un Joule de energía por kilo de masa irradiada. Es un proceso frío, la temperatura de los productos irradiados se eleva sólo un par de grados centígrados a las mayores de las dosis que se emplean; esto presenta una ventaja

considerable en comparación con el uso del calor ya que es posible tratar alimentos crudos o con componentes termosensibles; asimismo, las alteraciones nutricionales y sensoriales son menores.

Cuando los rayos gamma o los X son absorbidos por la materia, parte de la energía del fotón se emplea en eyectar un electrón de un átomo del absorbente mientras el restante queda retenido. El fotón, con su energía disminuida, puede repetir el proceso con otro átomo. El electrón eyectado, que lleva una gran parte de la energía original del fotón, también pierde energía mediante ionizaciones y excitaciones de las moléculas del absorbente. Finalmente tanto el fotón como el electrón llegan a energías cercanas a cero por repetición de estos procesos. La irradiación por electrones opera de manera similar, produciendo ionizaciones y excitaciones a lo largo de una "senda" de avance a través del absorbente (1).

Al actuar estas radiaciones ionizantes sobre la materia, ocurren dos procesos básicos. El proceso primario o directo causa la formación de iones, moléculas excitadas o fragmentos moleculares. El proceso secundario o indirecto involucra la interacción de los productos del proceso primario y puede conducir a la formación de compuestos diferentes de los presentes en forma inicial. Para que la interacción suceda, los productos primarios tienen que entrar en contacto, lo cual requiere tiempo y ausencia de impedimentos. También pueden ocurrir reacciones que involucren a los productos secundarios. Aunque la mayor parte de los cambios químicos inducidos por las radiaciones ionizantes ocurren en microsegundos, otros se manifiestan a lo largo del almacenamiento (2).

El efecto biocida de esta irradiación se debe principalmente a daños en el ácido desoxiribonucleico (ADN) que se esté replicando, echo que sucede con mayor frecuencia en células microbianas y germinales, y también en las gonadales de artrópodos por ejemplo. La molécula de ADN es una hélice doble cuya estructura está estabilizada por uniones electrostáticas tipo puente hidrógeno. Los daños pueden darse en los componentes de la hélice ("bases"), o en toda su estructura; en este último caso se deben principalmente a que:

- ▶ la molécula es enormemente grande y por lo tanto la probabilidad de impacto es mayor,
- ▶ tiene gran cantidad de uniones puente hidrógeno intercatenarias responsables de su estabilidad, que requieren energías relativamente bajas para romperse.
- ▶ la molécula es de importancia vital.

Existen en la literatura numerosos ejemplos de la acción de las radiaciones ionizantes sobre soluciones acuosas de sustancias aisladas, o mezclas de sustancias, es decir, sistemas modelo. Los efectos descriptos en tales tipos de sistemas son mucho más intensos que los observados en el sistema completo, en donde todas las sustancias

presentes compiten por la absorción de energía y, por lo tanto, no deberían tomarse como indicativos de los "daños" a esperar cuando se irradian sistemas complejos como los alimentos.

Los principales objetivos de la irradiación de alimentos son: controlar formas de vida indeseables (bacterias, hongos, parásitos, insectos); interferir en procesos fisiológicos causantes de deterioro; y modificar propiedades tecnológicas (3). Entre las aplicaciones, y en rangos crecientes de dosis, están:

- ▶ Inhibición de brotación de bulbos, tubérculos y raíces.
- ▶ Esterilización de plagas de interés fitosanitario, para evitar su propagación a áreas libres en el comercio internacional.
- ▶ Esterilización de parásitos, interrumpiendo su ciclo vital e impidiendo la enfermedad en el hombre.
- ▶ Retraso de la maduración y senescencia de frutas tropicales y algunas hortalizas.
- ▶ Prolongación del tiempo de comercialización de alimentos frescos por reducción de la contaminación microbiana total, banal.
- ▶ Control de microorganismos patógenos no esporulados, causantes de enfermedades al hombre.
- ▶ Modificación de propiedades de interés tecnológico.
- ▶ Esterilización comercial de alimentos.

Como ocurre con la mayoría de los métodos de preservación de alimentos, la irradiación no es adecuada para todos los productos. En particular, se producen cambios organolépticos inaceptables al irradiar alimentos líquidos: jugos, vinos, leche, etc., o altamente grasos.; en estos casos no se recomienda emplearla. El altísimo contenido acuoso en el primer caso favorece las reacciones químicas producidas por efecto indirecto de las radiaciones, lo cual conduce a cambios de sabor, aroma y color. En alimentos de alto contenido lipídico y en atmósfera con contenido normal de oxígeno dentro del envase, los ácidos grasos insaturados reaccionan preferencialmente con radicales oxhidrilo pudiendo producir rancidez y algunas pérdidas nutricionales.

La irradiación puede también ser alternativa al uso de sustancias químicas de toxicidad sospechada, tales como fumigantes, algunos antimicrobianos (Ej. nitrito de sodio en carnes), e inhibidores de brotación (Ej. hidrazida maleica). El bromuro de metilo se emplea para fumigar productos frutihortícolas con fines fitosanitarios; su empleo está en vías de ser prohibido por ser un depresor de la capa de ozono. La irradiación tiene además otras ventajas sobre el uso de los fumigantes: mayor penetración, tratamiento más rápido, no requiere aireación posterior, no deja residuos.

Los métodos de tratamiento de alimentos tales como el calentamiento, la congelación, el agregado de productos químicos y la irradiación no están destinados a sustituir las buenas prácticas de manufactura e higiene. Ni la irradiación ni ningún otro método pueden invertir el proceso de descomposición y hacer que un alimento dañado sea comestible.

ACTIVIDADES EN LA CNEA

En el Centro Atómico Ezeiza, donde funciona desde 1970 una instalación semi-industrial que irradia con cobalto-60, se realizan diversas actividades en materia de irradiación de alimentos:

- Investigación y desarrollo (por iniciativa propia, o en convenio con universidades, institutos, empresas, o integrando programas coordinados de investigación del Organismo Internacional de Energía Atómica.
- Asesoramiento a productores e industria alimentaria.
- Servicios: irradiación comercial, dosimetría, controles microbiológicos.
- Docencia, difusión, formación de recursos humanos.
- Participación en la elaboración de legislación y normas: Código Alimentario Argentino, Codex Alimentarius, normas IRAM, normas ISO.
- Representación argentina ante el Grupo Consultivo Internacional de Irradiación de Alimentos (ICGFI), dependiente del Organismo Internacional de Energía Atómica y la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), desde 1984 hasta 2004, en que finalizó la función de este Grupo.

La irradiación de alimentos se estudia en la Argentina desde 1960; una lista no exhaustiva de temas y publicaciones se encuentra en la Página Web de CNEA (4). Durante el transcurso de décadas de investigación en el mundo se ha obtenido bastante información acerca de la factibilidad de irradiación de distintas materias primas alimentarias. Actualmente es interesante verificar lo mismo en alimentos complejos como las viandas o platos completos, muy comunes en la agitada vida diaria de las poblaciones urbanas. Alrededor de 17 países hemos participado en la última década en proyectos coordinados de investigación denominados "Irradiación para garantizar sanidad y calidad de comidas preparadas", organizados y solventados por el Organismo Internacional de Energía Atómica para estudiar estos temas (5-7). En estos productos los componentes suelen reaccionar en forma diversa ante las radiaciones ionizantes, por lo cual se busca combinar este tratamiento con otros, en lo que se conoce como "tecnología de obstáculos", para poder minimizar las dosis a emplear de cada uno y así los efectos deletéreos que eventualmente pudieran producir en el alimento. En estos temas se ha trabajado en convenio con universidades e institutos, lo cual permite constituir grupos

de trabajo multidisciplinarios y efectuar divulgación en ámbitos académicos; actualmente lo hacemos con la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, la Universidad Tecnológica Nacional, la Universidad Nacional de Lanús y la Universidad Nacional de Entre Ríos (4). En este último caso y desde hace 5 años, alrededor de 40 estudiantes avanzadas de la licenciatura en nutrición han realizado cursos de 3 meses de prácticas profesionales supervisadas en este sector, y se han realizado trabajos experimentales que dieron lugar a 3 tesinas de grado.



FIGURA 1: Flanes comerciales irradiados para mejorar su calidad sanitaria y prolongar su vida útil: efecto sobre hongos visibles.

En la tesina de la licenciada en nutrición Paula Veronesi, 44 pacientes inmunocomprometidos internados en el Hospital de Clínicas "José de San Martín" de la ciudad de Buenos Aires, degustaron un almuerzo completo irradiado compuesto de platos usualmente prohibidos debido a su alto riesgo de transmisión de enfermedades microbianas, aunque sumamente adecuados nutricionalmente y psicológicamente. Los pacientes otorgaron altas calificaciones a este almuerzo, solicitando que estas viandas estuvieran disponibles comercialmente y que se ampliara su variedad. Este trabajo obtuvo el primer premio en el congreso anual de la Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas (AADYND), 2004 (8-9).

Argentina desarrolla actualmente el proyecto de cooperación técnica con el Organismo Internacional de Energía Atómica llamado "Uso de radiaciones ionizantes para el tratamiento fitosanitario de frutas frescas", con el fin de promover el método ante los productores frutihortícolas y lograr la aprobación de la ley fitosanitaria en el país, homologando la norma aprobada por la Convención Internacional de Protección Vegetal (IPPC) en 2003, con vistas a la futura implementación comercial del método. También está participando en un proyecto de investigación coordinado iniciado este año sobre "Desarrollo de dosis genéricas de irradiación para tratamientos cuarentenarios" (10).



FIGURA 2: Estudiantes de la Licenciatura en Nutrición de la Universidad Nacional de Entre Ríos, realizando prácticas en el Sector Irradiación de Alimentos, Centro Atómico Ezeiza.

INOCUIDAD

La Organización Mundial de la Salud considera que los datos disponibles sobre química de radiaciones, toxicología, microbiología y propiedades nutricionales aseguran que, cualquiera sea la dosis de radiación aplicada, el consumo de alimentos irradiados no presenta riesgos para la salud humana (11). Esto ha sido también aceptado por el Codex Alimentarius, (12-13), órgano dependiente de FAO que dicta normas sobre alimentos tendientes a orientar a las legislaciones nacionales.

Tanto la Asociación Médica Americana (AMA) como la Asociación de Dietistas Americana (14) avalan los beneficios y la inocuidad de los alimentos irradiados, como así también en nuestro país la Academia Nacional de Medicina.

LEGISLACIÓN

Actualmente las legislaciones de 56 países autorizan el consumo de diversos alimentos irradiados. Las aprobaciones existentes son de variada índole: por "productos" (Ej.: merluza); por "clases", basándose en similitud de composición química (Ej.: productos pesqueros); o más evolucionadamente, autorizando el proceso en general, como la legislación de Brasil que, coherentemente con el documento de OMS 1999, permite desde 2000 la irradiación de cualquier alimento a cualquier dosis compatible con la conservación de sus características sensoriales y tecnológicas (15). Autorizan por clases: Arabia Saudita, Argelia, Bangladesh, Bélgica, China, Croacia, Filipinas, Ghana, India, México, Pakistán, Paraguay, Perú, Reino Unido de Gran Bretaña, República Checa, Siria, Sudáfrica, Tailandia, Turquía, Vietnam y Zambia. Y tienen varias clases autorizadas: Estados Unidos, Federación Rusa, Francia, Holanda, Indonesia, Ucrania y Yugoslavia. En la base de datos del

Organismo Internacional de Energía Atómica se puede encontrar la lista de productos o clases que autoriza cada país (16). En la actualidad, 23 países autorizan la irradiación de alimentos con fines fitosanitarios, entre ellos México, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda.

Las legislaciones de todos los países requieren que los alimentos irradiados estén rotulados como tales. En nuestro país es obligatoria la leyenda "Tratado con energía ionizante" y el logotipo internacional "Radura".



FIGURA 3: Logotipo internacional "Radura" que indica "Alimento tratado con energía ionizante".

Estados Unidos, país con gran conocimiento científico del tema y actualmente a la vanguardia de la implementación amplia de la irradiación de alimentos, propuso en 2007 a través de su Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) rever la legislación sobre rotulado para emplearlo sólo cuando este proceso causara un cambio organoléptico, nutricional o funcional, que el consumidor pudiera no identificar en el momento de adquirir el producto, por ejemplo: bananas irradiadas para retrasar su maduración. En cambio, las especias irradiadas no tendrían razón de estar rotuladas como tales. Además, la FDA propone permitir emplear términos distintos de "irradiado", por ejemplo, "pasteurizado", siempre que se le notifique que el proceso de irradiación usado cumple con los criterios especificados para el uso de ese término (17).

La Unión Europea como bloque, bajo una fuerte influencia de Alemania, autoriza sólo la irradiación de especias y hierbas, lo cual no es obstáculo para que países europeos con mayor número de aprobaciones apliquen este método de acuerdo con sus propias legislaciones.

El Comité Científico de la Unión Europea, sin embargo, aprobó la expansión de esa mínima autorización a otros alimentos (18), pero resistencias de

índole política y oposición a lo relacionado con la tecnología nuclear han conducido a que aún no se haya autorizado esa expansión. Posiblemente en el “imaginario colectivo” todas las actividades nucleares se aprecien, aunque equivocadamente, como relacionadas, y en la memoria europea aún se conserva el recuerdo del accidente en la Central Nuclear de Chernobyl.

El Código Alimentario Argentino (CAA) (19) en su artículo 174 de 1988 legisla sobre los aspectos generales de este proceso; y en otros artículos autoriza, por producto, la irradiación de: papa, cebolla y ajo para inhibir brote; frutilla para prolongar la vida útil; champiñón y espárrago para retardar su envejecimiento; especias y vegetales deshidratados, para reducir la contaminación microbiana; frutas secas y desecadas, para control de insectos.

Considerando las recomendaciones de la ICGFI (20) y la tendencia mundial, en 1996 la Comisión Nacional de Energía Atómica solicitó a la Comisión Nacional de Alimentos (CONAL) que evaluara efectuar aprobaciones en el CAA por “clases” en lugar de por “productos”, y propuso las siguientes: carnes rojas, carne de cerdo, huevo desecado, productos pesqueros, granos y sus harinas y frutihortícolas con fines fitosanitarios, con la intención de agilizar y armonizar con legislaciones más avanzadas, en particular la brasilera, en el ámbito del MERCOSUR. Desde entonces, la CONAL se ha resistido a aceptar esta propuesta; conserva las autorizaciones por producto, se niega a incrementar su número, y manifiesta que prefiere mantenerse “en sintonía con la Unión Europea”.

La CONAL tampoco aprobó otras peticiones sobre irradiación de productos realizadas por la industria alimentaria, tales como salchichas para controlar el microorganismo patógeno *Listeria*, o por la CNEA, tales como la extensión de la aprobación de “especias” a “hierbas”, la de “champiñones” a “hongos comestibles”, la de “frutilla” a “frutas finas” (arándano, cereza, frambuesa, etc.). En este último caso, la petición fue discutida y aprobada en sesiones de la CONAL en 2003, pero la tramitación posterior conducente a su firma por la Autoridad Sanitaria no fue efectuada.

A mediados de 2003, debido al fallecimiento de niños pequeños en Argentina por síndrome urémico hemolítico causado por *Escherichia coli* O157:H7 en hamburguesas, el Ministerio de Salud de la Nación solicitó a la CONAL que evaluara la aprobación de carne picada irradiada. La CNEA integró grupos de trabajo junto con el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), el Instituto Nacional de Alimentos (INAL), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPYA), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), el Instituto Malbrán, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), y servicios bromatológicos provinciales y municipales del país, entre otros.

Las conclusiones de estas reuniones se plasmaron en un documento favorable a la petición que fue presentado a la CONAL, quien lo derivó a la Academia Nacional de Medicina argumentando su duda acerca de la inocuidad de la carne irradiada. A fines de 2004, esa Academia respondió que “... la utilización de la irradiación ionizante tiene la seguridad necesaria para el tratamiento de alimentos”. Sin embargo, la CONAL no prosiguió con la aprobación del tema.

En 1999 Estados Unidos aprobó la irradiación de carnes rojas (vaca, cordero, cerdo) fresca y congelada, para eliminar el microorganismo patógeno *Escherichia coli* O157, luego de un episodio que causó la muerte de 5 niños y la enfermedad de alrededor de 700 personas debido al consumo de hamburguesas insuficientemente cocidas o contaminadas en forma “cruzada” (21).

NORMATIZACIÓN

En el plano internacional, tanto el Codex Alimentarius como la Convención Internacional de Protección Vegetal (IPPC), órganos de la FAO, tienen dos normas cada uno sobre irradiación de alimentos (12, 13, 22, 23).

En 2003, el Instituto Argentino de Normalización de Argentina (IRAM) aprobó la norma 20.301: “Buenas Prácticas de Procesamiento para la Irradiación de Alimentos destinados al Consumo Humano” (24), la cual fue propuesta por IRAM en 2004 a la Organización Internacional de Normalización (ISO) y está actualmente en estudio dentro de un grupo de trabajo creado para este fin, llamado “Irradiación de Alimentos”.

CONSUMIDORES

En lo que respecta a alimentos, los consumidores tienden a asumir una actitud prudente en cuanto a la aceptación de cualquier tecnología nueva. Esto se observó claramente cuando se introdujeron en el mercado, por ejemplo, la pasteurización de la leche o las conservas enlatadas. Sin embargo, cuando al consumidor se le proporciona información exacta y objetiva, su disposición suele ser favorable. En las numerosas pruebas de mercado y consumo realizadas en todo el mundo con alimentos irradiados así rotulados, puestos a la venta junto con alimentos no irradiados, los consumidores compraron gustosamente los irradiados y en numerosos casos expresaron su preferencia por éstos, aún si el precio era ligeramente superior. Esto se comprobó también en pruebas de mercado realizadas en Argentina por la Universidad Nacional del Sur, la cooperativa CORFO, y la CNEA, en supermercados de Buenos Aires y Bahía Blanca, con ajo y cebollas irradiados.

La CNEA realiza también periódicamente degustaciones de alimentos irradiados dirigidas al público dentro de algunas de sus exposiciones de difusión.



FIGURA 4: Prueba de mercado de frutillas irradiadas en Francia. (Gentileza del Organismo Internacional de Energía Atómica).

La comercialización masiva de alimentos irradiados se iniciará probablemente con productos para los cuales se perciban ventajas en circunstancias en que ningún otro método sea conveniente. Tal fue el caso de las especias, el ingrediente alimentario cuya irradiación se aplica ampliamente en la mayoría de los países que emplean esta tecnología: su contaminación microbiana no se puede reducir por calor porque se provocarían pérdidas de aroma y sabor, ni tampoco por fumigación con óxido de etileno porque quedarían retenidas en las especias sustancias tóxicas provenientes del gas.

Algunos hechos recientes influyen a la industria alimentaria para buscar alternativas a los métodos convencionales de conservación de alimentos, como por ejemplo, cambios en los hábitos de los consumidores buscando "frescura" y valor nutricional, aumento de las exigencias en la calidad de los productos, mayor certeza de los efectos negativos e insuficientes del uso de sustancias químicas. La presentación de un producto como "fresco" o "no tratado" no permite la aplicación del congelamiento o el calor.

COMERCIALIZACIÓN

En la actualidad se comercializan alrededor de 700.000 toneladas por año de alimentos irradiados en el mundo, lo cual constituye aún un volumen incipiente. Los productos que se irradian con más frecuencia son las especias y otros alimentos deshidratados. Los principales países que aplican la tecnología son, en orden aproximado de volúmenes decreciente: China, Estados Unidos, República de Sudáfrica, Holanda, Japón, Vietnam, Indonesia, Francia, Hungría, Bélgica, Corea, India, México, Canadá, Brasil, Croacia, Argentina, República Checa, Dinamarca, Polonia, Turquía, Egipto, Finlandia, Indonesia, Israel, Irán, Inglaterra, Noruega, Tailandia y Chile (0).

El sudeste asiático ha mostrado en los últimos años una actividad creciente en irradiación de frutas tropicales exóticas para mercados del hemisferio norte de alto poder adquisitivo, con fines fitosanitarios; también Pakistán, India, Australia, Nueva Zelanda, México y Hawai, con destino principal a Estados Unidos. De esta forma, después de 74 años, México pudo exportar guayas a Estados Unidos gracias a la irradiación sin objeción de los consumidores, quienes opinaron que tenían mejor calidad sensorial que esa fruta tratada con vapor de agua a alta temperatura, lo cual es un tratamiento usual (25, 26)

En 2007 India pudo restablecer sus exportaciones de mango a Estados Unidos, interrumpidas durante 18 años por cuestiones fitosanitarias. Entre 2006 y 2007, 160 toneladas de mango irradiado se exportaron de Australia a Nueva Zelanda.

La irradiación comercial de alimentos se realiza en 32 países del mundo, con alrededor de 200 instalaciones de irradiación en operación. Estas instalaciones son, en su gran mayoría, plantas gamma (de cobalto-60); las otras emplean aceleradores de electrones. India cuenta con 9 instalaciones gamma; Australia con 4; Brasil con 4; Corea, Vietnam y Sudáfrica con 3; Tailandia, México, Turquía y Hungría, como Argentina, con 2 (28).

Estados Unidos cuenta con alrededor de 50 instalaciones comerciales que irradian especias, hortalizas, frutas, carne picada, y pollo. Alrededor de 5.000 supermercados en Estados Unidos venden hamburguesas irradiadas y, desde 2004, el Departamento de Agricultura autorizó la provisión de este producto a comedores escolares.

China cuenta con 55 instalaciones gamma y algunas otras de electrones, que irradian especias, ajo, cebolla, papa, manzana, tomate, arroz, salsa china y aderezos en volúmenes cercanos a las 150.000 toneladas/año. Francia irradia en 5 instalaciones industriales y los productos son: especias, pollo congelado deshuesado, frutas desecadas, ancas de rana congeladas y langostinos. Sudáfrica, con 3 instalaciones, irradia papa, cebolla, frutas, especias, miel, carnes, pescados y productos procesados. India procesa unas 1.500 toneladas de especias y vegetales deshidratados

anuales; el número de instalaciones gamma para tratar alimentos creció últimamente de 6 a 9. Indonesia irradia comercialmente cerca de 2.500 toneladas/año de alimentos en una instalación gamma, incluyendo especias y vegetales deshidratados, cacao en polvo, alimentos para bebés y otros congelados. Vietnam declaró la producción de 40.000 toneladas de alimentos irradiados en 2006, contando con 4 instalaciones de cobalto-60 y un acelerador de electrones (27).

Argentina irradia para el mercado local especias que se introducen como aditivos en otros productos, por ejemplo, chacinados. En este uso y según la legislación vigente no es necesario que en el envase del producto final figure expresamente la condición de "irradiada" de la especia, ya que participa en proporción menor al 10 %. El tratamiento se aplica en dos plantas de cobalto-60 en la provincia de Buenos Aires: la del Centro Atómico Ezeiza, estatal, que funciona desde 1970, y la de IONICS, en el Talar de Pacheco, privada, desde 1989. El inventario radiactivo de ambas oscila generalmente entre 600.000 y 800.000 Ci. También se irradian otros productos, mayormente deshidratados: cacao en polvo, suero bovino desecado, hígado desecado, huevo desecado o congelado, vegetales deshidratados, extracto de carne, polen, harina de soja, harina de legumbres, etc. El volumen total irradiado en las dos instalaciones ronda las 4.000 ton/año, siendo la mayor contribución la de la planta privada. La instalación del Centro Atómico Ezeiza actúa también como promotora de esta tecnología, destinando parte de su tiempo a temas de investigación y desarrollo sobre factibilidad de irradiación de diversos productos, entre ellos, alimentos, tanto para terceros como para la CNEA (4).

Argentina produce cobalto-60 en la Central Nuclear Embalse, provincia de Córdoba, el cual es fraccionado y encapsulado posteriormente en el Centro Atómico Ezeiza para su venta a granel o en fuentes selladas, a través de DIOXITEK S.A., una empresa del Estado argentino con participación mayoritaria de la CNEA. La comercialización está actualmente en manos de una empresa multinacional.

COSTOS

Todo tipo de tratamiento de alimentos implica un aumento en su costo. En el caso de la irradiación éste se estima internacionalmente en centavos por kilo, lo cual es competitivo con el de otros tratamientos y en algunos casos resulta aún menos costoso (5). La construcción de una instalación gamma de irradiación de alimentos implica inversiones de algunos millones de pesos, de acuerdo con su complejidad, siendo estas cantidades comparables con las correspondientes a las instalaciones de tratamiento de alimentos mediante otras tecnologías (esterilización de alimentos líquidos a muy alta

temperatura, por ejemplo).

CONCLUSIONES

Argentina, pionera en América Latina en conocimiento y aplicaciones de la energía nuclear, también lo fue en irradiación de alimentos. Sin embargo, y a pesar del continuo incremento de los volúmenes industriales de alimentos irradiados en las dos instalaciones gamma en operación y el interés demostrado por productores y la industria alimentaria para que se construyan más plantas de irradiación en distintos lugares del interior del país, la implementación industrial a gran escala de esta tecnología se encuentra limitada principalmente por el estancamiento de más de 15 años en la obtención de nuevas aprobaciones por la Comisión Nacional de Alimentos. Esta situación la coloca además en desventaja con respecto a una futura comercialización de alimentos irradiados en ámbitos regionales donde Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, Paraguay, Perú y México aprueban ampliamente este tratamiento, considerándose necesaria la armonización de las legislaciones nacionales. Asimismo, se perderán oportunidades importantes en el comercio internacional con países de alto poder adquisitivo como Estados Unidos, con alta demanda de productos frutihortícolas en contra estación, lo cual redundará en un alto precio.

Las instalaciones industriales de irradiación argentinas han sido diseñadas y construidas en el país y su "combustible", el cobalto-60, y las fuentes radiactivas que lo contienen y se emplean en las instalaciones de irradiación, se producen en Argentina. Esta capacidad, inusual en el mundo y especialmente en Latinoamérica, debería ser protegida y potenciada. En particular en irradiación de alimentos, el hecho de que estas instalaciones sean pocas y estén concentradas en las cercanías de la ciudad de Buenos Aires limita fuertemente las posibilidades de aplicación comercial y aún de investigación y desarrollo para la mayor parte del país.

REFERENCIAS:

1. "Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques" (1982). TRS 114, FAO/IAEA, Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) Viena, Austria.
2. "Preservation of Food by Ionizing Radiation" (1983). Ed.: Josephson, E.S.; Peterson (3 tomos). CRC Press, Boca Ratón.
3. "Irradiación de alimentos-Principios y Aplicaciones" (2001) Ed.: Molins R. ACRIBIA, Zaragoza.
4. Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) (2009):
5. <http://caebis.cnea.gov.ar/aplicaciones/alim/lrra1.html>
6. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (2009): <http://www.iaea.org/programmes/nafa/ds/index.html>
7. Narvaiz P., Giménez, P., Horak, M., Adeil Pietranera, M., Kairiyama, E., Gronostajski, D., Ribetto, A.M. (2003).

- "Factibilidad de obtención de raciones completas más variadas, seguras, estables y nutritivas para pacientes inmunosuprimidos por irradiación gamma". En: "Procesamiento por radiaciones de comida lista para servir más segura y estable". Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Viena, TECDOC-1337, 62-84.
8. Narvaiz P., Veronesi P., Liendo G., Hovsepián J., Mengoni G., Cossani E., Lound L., Gasparovich A., Campos M., Horak C. (2009). "Safer prepared meals for immunocompromised patients and the general consumer, by gamma irradiation". En: "Irradiación para garantizar la sanidad y calidad de comidas preparadas". Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), Viena, STI/PUB/1365.
 9. Veronesi P., Narvaiz P., Cossani E., Lound L., Gasparovich A. (2005) "Comidas nutritivas y seguras microbiológicamente, tratadas por irradiación gamma, para pacientes inmunocomprometidos. Parte II". DIAETA, **110**, p. 8- 24. Ed.: Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas (AADYND), Buenos Aires.
 10. Veronesi P., Narvaiz P., Cossani E., Lound L., Gasparovich A. (2004) "Comidas nutritivas y seguras microbiológicamente, tratadas por irradiación gamma, para pacientes inmunocomprometidos. Parte I", DIAETA, **109**, p. 8-34. Ed.: Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas (AADYND), Buenos Aires.
 11. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (2009) "Food and Environmental Protection Newsletter", 12 (1), Viena.
 12. Organización Mundial de la Salud (OMS) (1999). "Irradiación a altas dosis: Inocuidad de alimentos irradiados con dosis superiores a 10 kGy". Ginebra, TRS 890, 198 p.
 13. Codex Alimentarius (2003)-I- "Codex General Standard for Irradiated Foods"- 106- 1983, Rev. 1-2003., Roma.
 14. Codex Alimentarius (2003)-II- " Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Foods"- CAC/RCP 19- 1979, Rev 2- 2003.
 15. The American Dietetic Association (ADA) (1996). "Position of the American Dietetic Association: Food Irradiation" Nueva York.
 16. "Regulación técnica en irradiación de alimentos" (2001)- RDC 21, Reg. Nac. 29/01/2001, Brasil.
 17. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (2009): <http://nucleus.iaea.org/NUCLEUS/nucleus/Content/Applications/FICdb/DatabaseHome.jsp>
 18. Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA)- Estados Unidos- (2007). "Irradiation in the Production, Processing and Handling of Food". Department of Health and Human Services-21 cfr part 179-[docket no. 2005n-0272]-RIN 0910-ZA29.
 19. Unión Europea (1999)- "Directiva 1999/2/EC del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la aproximación de las leyes de los Estados Miembros concernientes a alimentos e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes"- Oficial Journal of the European Communities ,L66/16, 13-03-1999.
 20. Código Alimentario Argentino (2009): <http://www.anmat.gov.ar/CODIGO/CAA1.HTM>.
 21. Grupo Consultivo Internacional en Irradiación de Alimentos (ICGFI) (1994). "Guidelines for the authorization of food irradiation generally or by classes of food". Guía N° 15. Ed.: Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)
 22. Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA)- Estados Unidos (1999)- "Irradiation of meat food products: final rule"- Code of Federal Regulation **64**, (246).
 23. Convención Internacional de Protección Vegetal (IPPC) (2003). "Directrices para utilizar la irradiación como medida fitosanitaria". NIMF 18, FAO, Roma.
 24. Convención Internacional de Protección Vegetal (IPPC) (2009). "Tratamientos fitosanitarios para plagas reguladas" NIMF 28, FAO, Roma
 25. Instituto Argentino de Normatización (IRAM) (2003). "Buenas Prácticas de Procesamiento para la Irradiación de Alimentos destinados al Consumo Humano". Norma 20 301, Buenos Aires.
 26. Asociación Internacional de Irradiadores (IIA) (2009). Newsletter abril, <http://www.iiaglobal.org>
 27. Concejo Cárnico de Minnesota, Estados Unidos (2009): <http://foodirradiationupdate.org>.
 28. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (2009): <http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC52/GC52InfDocuments/English/gc52inf-10>

Los métodos de ensayos no destructivos para el estudio de bienes culturales

ALBA E. OBRUTSKY - Unidad de Actividad Ensayos No Destructivos y Estructurales - Comisión Nacional de Energía Atómica

La experiencia obtenida en los laboratorios de la CNEA en el estudio de bienes culturales, en particular de objetos arqueológicos, históricos y artísticos, ha permitido desarrollar una metodología específica dado que presentan características particulares por el hecho de ser únicos e irremplazables. Dicha metodología consiste en una cuidadosa selección y secuencia en la aplicación de las técnicas de caracterización de los materiales con que están confeccionadas las obras de arte.

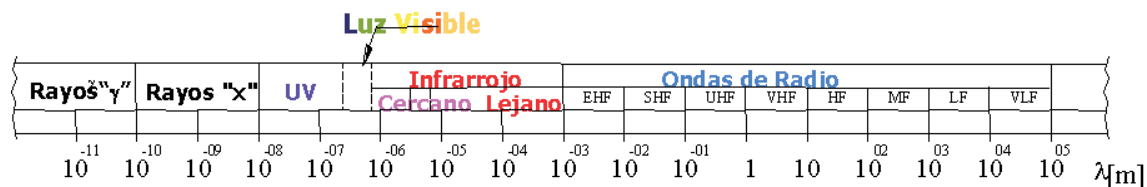
Si un objeto es catalogado como un patrimonio cultural y es necesario realizarle algún estudio para verificar ciertas particularidades que no se pueden observar a simple vista, la aplicación de los métodos de Ensayos No Destructivos (END) constituye una herramienta de gran utilidad para efectuar la evaluación, determinar el estado de conservación, verificar posibles restauraciones y elaborar un diagnóstico general del objeto inspeccionado. Los métodos de END permiten detectar y evaluar discontinuidades o propiedades de los materiales sin modificar su estado e integridad.

La aplicación de métodos de END en obras de arte y bienes culturales surgió como un programa conjunto entre la CNEA, el Museo Nacional de Bellas Artes y el Organismo Internacional de Energía Atómica para la aplicación de END en el Diagnóstico por Imágenes. El objetivo de este programa fue la elaboración de informes técnicos y de bases de datos digitales de las obras del Museo.

The experience obtained by the laboratories of CNEA in the study of cultural goods, particularly of archeological, historical and artistic goods, required the development of specific methodologies as they are unique and irreplaceable. When a good is defined as "cultural heritage" it has to be studied to verify special features that can not be observed at plain sight, then the application of Non Destructive Assays Method is a useful tool for evaluation, determination of conservation conditions, verification of possible restorations, and to elaborate a general diagnosis of the inspected good.

INTRODUCCIÓN

Los métodos de END están basados en principios físicos y de su aplicación específica surgen las distintas técnicas mediante las cuales se obtienen los resultados para establecer un diagnóstico del estado o de la calidad del objeto inspeccionado. Permiten detectar y evaluar discontinuidades o propiedades de los materiales sin modificar sus condiciones de uso o aptitud en servicio.



Espectro electromagnético

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| ■ Radiografía | ■ Reflectografía IR |
| ■ Reflectografía UV | ■ Termografía IR |
| ■ Reflectografía Visible | ■ Georadar |
| ■ Fotografía | |

Algunos métodos específicos tradicionales como la Radiografía Industrial se utilizan en patrimonios culturales, pinturas, esculturas y obras arquitectónicas. Además, otros métodos como la Termografía Infrarroja, el Georadar y la Reflectografía se aplican en la evaluación no destructiva de las obras de arte.

Las nuevas técnicas basadas en el diagnóstico por imágenes que se utilizan actualmente son la Radiografía Digital, la Reflectografía Infrarroja, la Reflectografía Ultravioleta y la Fluorescencia Visible.

Todos estos ensayos son un complemento para la investigación de los expertos en arte y aportan una herramienta de gran utilidad a historiadores, restauradores y a los profesionales dedicados a la conservación de patrimonios culturales para

comprobar particularidades de los mismos. Ayudan a establecer el origen, la ubicación histórica y, en algunos casos, a confirmar o negar una atribución de la obra de arte. Los resultados obtenidos forman parte de las historias clínicas, que posteriormente son utilizadas como documentos.

Para el estudio de patrimonios culturales y obras de arte, la CNEA cuenta en materia de END con equipamiento de última generación y con personal entrenado para la adecuada operación del mismo. Se ha adquirido gran experiencia en la aplicación de todas las técnicas en patrimonios culturales con las cuales se puede satisfacer la necesidad de diagnóstico por imágenes mediante métodos de END en forma integral.

RADIOGRAFÍA

El examen radiográfico es un método de END que en el campo del arte se aplica a piezas de distintos tamaños y composiciones dependiendo fundamentalmente de la energía utilizada, el tipo de materiales y los espesores que se pretenden atravesar. En consecuencia, no es un método de uso general aplicable a todos los especímenes, depende también lo que se pretende buscar en cada caso.

La radiografía por Rayos X en pinturas debe ser considerada como una técnica de aplicación en obras de arte. Las radiografías en pinturas no son de un contraste homogéneo debido a las distintas partes que componen la obra.

La composición de las imágenes radiográficas se presenta como un gran mosaico de difícil observación. El equipo que se utiliza para radiografiar las obras tiene un estabilizador automático obteniendo una emisión de rayos constante. Con el medidor de exposición (sondas de medición de dosis) se logra evaluar la exposición óptima, de manera que las imágenes que componen la radiografía de la pintura tengan en toda su dimensión una densidad media tal que el contraste resulte homogéneo.

Equipamientos: parámetros de ensayo

El equipamiento ideal para estos trabajos constituye un sistema diseñado en forma específica.



Consola



Ubicación de la obra de arte, fuente de radiación y película.

La pintura se coloca con la cara visible hacia arriba, sobre un bastidor que forma parte del equipo. La fuente se ubica directamente sobre el piso y cuenta con un dispositivo telescópico que se utiliza para centrarla respecto de la película. Para tomar una radiografía de una pintura la misma debe desenmarcarse para colocarla sobre el bastidor preparado para este fin.

La consola de comando debe estar instalada en otra sala alejada de la fuente de radiación. Antes de realizar el ensayo se colocan sobre la obra sensores de medición de radiación sobre zonas de distintos colores que, de acuerdo con el pigmento utilizado, van a responder con distintos valores de la energía que deberá ser aplicada en cada zona. Con estos valores medidos se saca un promedio y luego se toma una placa de prueba.

Se la procesa en el laboratorio y luego se la observa en un negatoscopio. En función del contraste obtenido y de la información de la misma se decide cual va a ser la tensión elegida para tomar las placas. La distancia, el tiempo de exposición y la corriente son parámetros fijos, por lo tanto lo único que varía es la tensión.

Digitalización y edición.



Montaje radiográfico Imagen visual



Scanner para digitalización de radiografías

Los equipos para arte permiten obtener excelentes resultados de imágenes. Las placas se digitalizan con un "scanner" específico y posteriormente se procesan las imágenes para realizar el montaje. Se obtiene como resultado la imagen radiográfica digital de la obra de arte.

Su aplicación es muy importante tanto en la evaluación de pinturas artísticas como en el revelado de textos antiguos y pergaminos o algunos documentos que a simple vista se observaban parcialmente borrados y sobrescritos. Con la técnica de rayos X se pueden detectar las antiguas escrituras sin modificar ninguna parte del documento.

TERMOGRAFÍA INFRARROJA

La termografía es una técnica que posibilita a la visión humana visualizar objetos a través del infrarrojo. Las imágenes térmicas obtenidas se denominan termogramas, los que permiten un análisis cualicuantitativo de la imagen obtenida, pudiéndose calcular la temperatura en cualquier punto de dicha imagen.

Por medio de esta técnica pueden ser observados tanto objetos estacionarios como aquellos que están en movimiento. Se utiliza para detectar indirectamente las variaciones de temperatura mediante una cámara digital CCD que trabaja en el infrarrojo medio IR medio (= 3 a 6 micrones) y en el infrarrojo lejano IR lejano (= 6 a 15 micrones).

La base de la termografía con cámaras Dispositivo de Carga Acoplada (CCD) es la posibilidad de convertir la energía térmica electromagnética irradiada por un objeto en señales electrónicas. Los termógrafos en la actualidad son capaces de formar imágenes en tiempo real y almacenarlas en forma digital para luego analizarlas.

La aplicación de la Termografía Infrarroja para patrimonios culturales, especialmente en obras arquitectónicas, permite obtener información muy valiosa para los historiadores y para los expertos en arte a la hora de verificar algunas características, sobre todo en obras que han sido refaccionadas o reconstruidas.

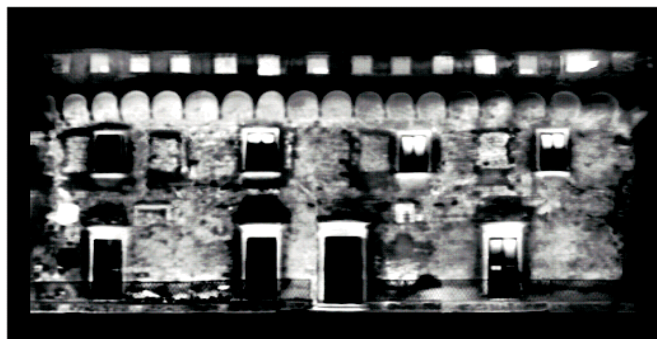
Aplicaciones en patrimonios culturales:

- Detección de fugas de humedad en edificios
- Ubicación de aberturas que fueron tapadas en paredes
- Ampliación o reducción de una puerta o ventana
- Presencia de cañerías que transportan líquidos calientes.
- Relevamiento de dispositivos eléctricos. Detección de fisuras

Esta técnica se aplica preferentemente a obras arquitectónicas



Montaje termográfico del frente de un edificio



Se observan zonas en las que anteriormente se ubicaban ventanales

GEORADAR

El *Ground Penetrating Radar* (GPR) o Georadar, es una técnica de ensayo no destructiva incluida entre los métodos volumétricos, porque da información de posición dentro del volumen inspeccionado.

Permite realizar un determinado estudio sin perturbar el medio a estudiar. Esta es su característica más importante, ya que la mayoría de las veces no se pueden hacer cambios en el lugar bajo ensayo, o simplemente se está buscando algo y se desconoce su ubicación.

El GPR aprovecha las ondas electromagnéticas, más precisamente las microondas, para obtener información de los materiales y, sobre todo, de las diferencias entre ellos.

Los datos se muestran en imágenes o “radargramas”. Estos permiten una concentración e integración de volúmenes de información muy grande, que de otra forma serían imposibles de analizar.

Campo de aplicación

Es muy amplio y se está extendiendo rápidamente gracias a las nuevas técnicas de procesamiento digital que permiten revelar información que antes quedaba oculta en los radargramas.

Esto hizo posible el surgimiento de nuevas aplicaciones y de nuevas formas de representación de los datos, como las imágenes tridimensionales (3D) o las imágenes tomográficas. Esencialmente, nos marca las diferencias entre las constantes que caracterizan a los materiales desde el punto de vista de su interacción con las microondas. Esto permite encontrar objetos enterados, capas de distintos materiales, huecos, etc.

Principio de funcionamiento

Un sistema de georadar se basa en la propagación de energía electromagnética a través de materiales con distintas constantes dieléctricas.

Cuanto más grande sea la diferencia entre las constantes dieléctricas en una interfase de dos materiales, mayor será la cantidad de energía reflejada en esta interfase. Cuanto menor la diferencia, menor la cantidad de energía reflejada, y por lo tanto, más energía seguirá propagándose en el segundo material. Esta energía reflejada regresa en parte al radar y es esa la información de la que nos valemos para realizar el estudio.

Aplicaciones en patrimonios culturales

- Investigaciones arqueológicas
- Localización de objetos enterrados (cañerías, cables, huesos, metales, etc.)
- Estudios arquitectónicos (tanto construcciones modernas como antiguas)
- Caracterización de materiales
- Determinación del espesor y la estructura de glaciares
- Mediciones de espesor del hielo marino
- Obtención de los perfiles del fondo de lagos y ríos

Es muy importante tener en cuenta que para cada aplicación no basta conocer la técnica, sino que es fundamental saber del tema bajo estudio.

Lo más recomendable es tener un grupo de trabajo bien conformado para sacar el máximo provecho del estudio realizado.

En Geología, generalmente se utilizan “arrays” con varias antenas de distintas frecuencias y configuraciones con el objeto de examinar el suelo a diversas profundidades y con variedad de resoluciones. Por lo general son antenas de 200, 400 y 600 MHz. Configuraciones monoestáticas y biestáticas. Distintos montajes.

En Arqueología, una de las mayores ventajas del georadar es poder investigar rápidamente amplias áreas sin tener que introducir ninguna modificación o perturbación en el medio. Para el estudio y localización de ruinas enterradas, beneficia en tiempos, costos y una mejor planificación de las tareas de excavación.

En el Relevamientos de Suelos, permite la detección de cámaras, tumbas, objetos de tamaño medio, etc.

Ventajas

El georadar es fácil de transportar, se cubren grandes áreas en poco tiempo, se puede pasar por casi cualquier superficie y la profundidad de penetración para detectar objetos es de 4 metros.



Equipo de georadar

REFLECTOGRAFÍA

Método óptico de END no convencional que se fundamenta en la capacidad que poseen algunos elementos de ser sensibles a ondas electromagnéticas de determinada longitud (sensores fotosensibles) y al comportamiento de los materiales frente a este tipo de ondas (distinta composición química).

La utilización de la Reflectografía como método de END para el diagnóstico por imágenes permite adquirir datos en la banda espectral desde el ultravioleta hasta el infrarrojo cercano, en un rango que abarca desde 320nm hasta 1.550nm. Cada uno de los modos, Reflectografía ultravioleta (UVR), Reflectografía Visible (VR), Reflectografía Infrarroja (IR) y Fluorescencia Visible (VF), utiliza diferentes tipos de iluminación, con filtros apropiados en cada caso. Una cámara CCD es la responsable de captar la radiación reflejada en las distintas longitudes de onda y transformar la radiación reflejada en una imagen visible.

Reflectografía Infrarroja (IR)

La Reflectografía Infrarroja es una técnica óptica de END de aplicación en patrimonios culturales usada para el análisis de obras de arte (pinturas) que permite revelar particularidades escondidas bajo la capa pictórica, tradicionalmente adoptada en el análisis y diagnóstico de pinturas y que resulta una herramienta muy eficaz para descubrir detalles que no se observan a simple vista.

Esta basada en una radiación invisible que atraviesa la capa pictórica y se refleja en la base de preparación de la pintura. La aplicación de esta técnica no destructiva en obras de arte contribuye a encontrar información relacionada con el bosquejo original, el estado de conservación y posteriores restauraciones.

Las primeras experiencias en reflectografía se realizaron con fotografía sobre película sensible al infrarrojo con resultados limitados por la baja calidad de imagen y tiempos de ensayo muy prolongados; con el avance tecnológico se lograron imágenes de mejor calidad y resolución mediante la utilización de cámaras de video, utilizándose actualmente cámaras CCD de alta calidad.

La reflexión es captada por una cámara CCD con filtros apropiados. Las imágenes se almacenan en formato digital y luego se procesan mediante un programa de integración para obtener la imagen final de la obra.

Mediante la aplicación de esta técnica se consigue una imagen que contiene información tanto superficial como subsuperficial. Resulta un documento de gran utilidad para los historiadores del arte a la hora de verificar la autenticidad de una pintura.

Fundamentos

Espectro electromagnético

La IR es una técnica óptica con la cual se obtienen imágenes operando en la banda espectral del infrarrojo cercano (NIR), parte de la radiación electromagnética puede transmitirse a través de las capas superficiales de pintura para reflejarse en la base o preparación de la obra o absorberse en los trazos del dibujo. La reflexión experimenta una interacción con los pigmentos de manera que la imagen observada es la integración de todo el fenómeno.

Dentro del espectro electromagnético, la radiación infrarroja se encuentra comprendida entre el espectro visible y las ondas de radio.

La luz visible posee una longitud de onda comprendida entre los 400 y los 700 nm (que puede ser percibida por el ojo humano), mientras que la radiación infrarroja NIR presenta longitudes de onda mas largas (entre los 700 y los 3.000nm) y resulta invisible al ojo.

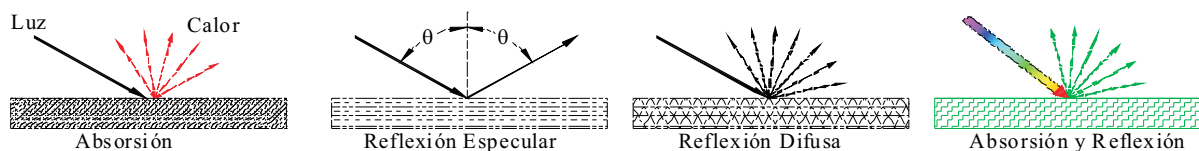
Fenómenos físicos

La luz tiene un comportamiento estable. Distintas longitudes de onda proporcionan a nuestros ojos distintas sensaciones de color. Se debe considerar que la luz está compuesta por partículas de energía (fotones) que son quienes permiten la adquisición de imágenes en distintos tipos de soporte.

Si se originan cambios químicos la imagen se obtiene a partir de películas fotosensibles (Fotografía) y si se producen reacciones eléctricas se obtiene la imagen en soporte electrónico (Reflectograma)

Teoría del color:

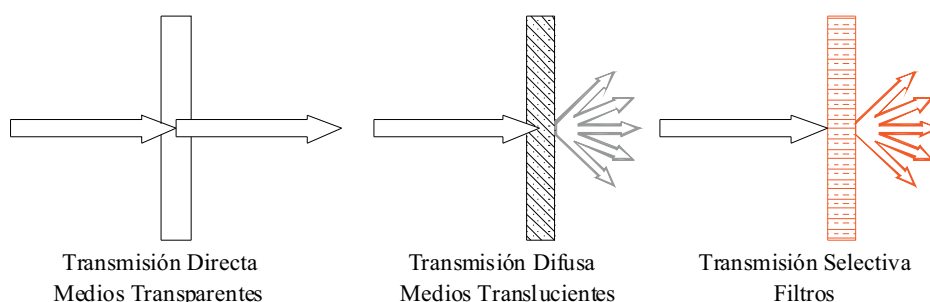
Al incidir sobre un objeto, un haz de luz de distinta longitud de onda absorbe unas y refleja otras, siendo estas últimas las que, en conjunto, determinan el “color del objeto”.



Fenómeno de absorción y reflexión

Trasmisión:

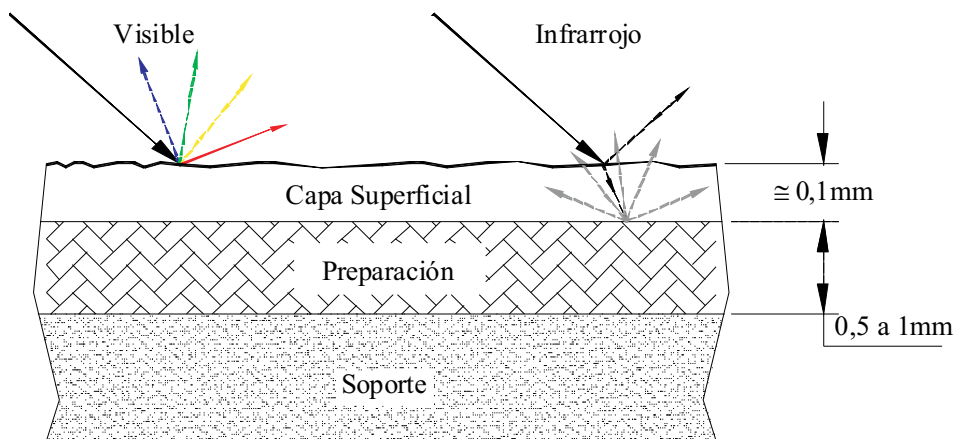
Es el fenómeno por el cual la luz puede atravesar objetos no opacos. Cuando el haz de luz se desplaza en el nuevo medio (transparente) y de forma lineal, la transmisión es directa. Existe un tipo de transmisión, la selectiva, que ocurre cuando ciertos materiales (vidrios, plásticos o gelatinas coloreadas) dejan pasar sólo ciertas longitudes de onda y absorben otras, como es el caso de los filtros fotográficos.



Principio de funcionamiento

A continuación se presenta el ensayo en algunas obras de arte (pinturas), que están constituidas por el soporte, la base o preparación y la capa pictórica.

El soporte puede ser tela, madera, cartón, etc., la base suele ser yeso y la capa pictórica puede poseer distintas composiciones de acuerdo a los pigmentos utilizados por el artista.



Comportamiento de las reflexiones

La incidencia del haz luminoso se refleja desde la capa pictórica y se manifiesta como la visualización de la imagen real de la obra cuando se trabaja en la banda espectral de la luz visible.

En el infrarrojo cercano (NIR) la radiación electromagnética puede atravesar las capas superficiales por el fenómeno de transmisión. Esta radiación transmitida, que siempre resulta menor que la incidente, experimenta reflexión y absorción.

La imagen observada es la conjunción de los fenómenos de reflexión, absorción y transmisión en la capa superficial y la que devuelve la base revelando particularidades escondidas debajo de la capa pictórica o bien los dibujos originales realizados por el artista.

Reflectografía con cámara CCD

Se trata de una cámara con un arreglo de sensores que reciben señales electromagnéticas y las transforman en señales eléctricas. Las cámaras CCD incorporan filtros especialmente diseñados para acotar la banda espectral en la que se desea trabajar.

Una de las mayores bondades que presenta este tipo de cámara radica en la obtención de una imagen reflectográfica en tiempo real, permitiendo el ajuste más conveniente de los parámetros de ensayo. Para obtener la reflectografía en el infrarrojo cercano (NIR) se deben utilizar filtros adecuados que permitan observar el fenómeno.

El uso de este tipo de dispositivos requiere el almacenamiento de un gran número de adquisiciones para reproducir una pintura y así obtener la imagen completa de la obra con buena resolución.

Aplicaciones

La Reflectografía Infrarroja (IR) es una técnica óptica para obtener imágenes de objetos usando radiación en la banda espectral del infrarrojo cercano. Se adopta en el análisis de superficies pintadas para revelar las particularidades escondidas bajo la capa pictórica, por ejemplo el dibujo original en una obra de arte.

Tiene la posibilidad de ser utilizada para realizar experiencias en campo, obteniendo resultados en tiempo real que posteriormente deben ser interpretados y analizados sólo por expertos. Se utiliza en: telas, tablas, paredes, frescos, dibujos y otras superficies pintadas.

Equipamiento

Las técnicas de análisis de imágenes han demostrado ser herramientas eficaces en el análisis científico y la documentación de pinturas en el campo de la investigación y conservación de obras de arte.

La reflectografía es uno de los métodos de diagnóstico por imágenes mediante la cual se obtiene la mejor información si se trabaja en el rango espectral entre el ultravioleta y el infrarrojo.

Para obtener las imágenes que aporten información acerca de particularidades de cualquier obra en estudio se requieren diferentes sistemas de adquisición con accesorios como los que se utilizan en fotografía (objetivos, filtros, sensores y fuentes de iluminación).

La tecnología existente tenía grandes limitaciones: requería mucho tiempo para la realización de los ensayos y el relevamiento integral de una obra presentaba baja eficiencia y poca reproducibilidad.

El sistema MUSIS 2007 está especialmente desarrollado mediante el estudio de imágenes para el relevamiento de obras de arte. Este sistema incorpora una cámara con todas las herramientas para la adquisición de imágenes en la banda espectral del UVR, VR, IR1, IR2 e IR3. Además se utiliza la Fluorescencia Visible (VF) iluminando con lámpara de mercurio y oscureciendo el ambiente.



Sistema de montaje del equipo MUSIS



Relevamiento reflectográfico

El sistema tiene un dispositivo manual de barrido ortogonal con movimientos graduados y posee una serie de brazos articulados para el montaje de la cámara y las fuentes de iluminación.

Procedimiento de ensayo y procesamiento de imágenes

Se conecta la cámara a la computadora y se ingresa al programa que permite ver en primera instancia la VR. Los parámetros de foco y apertura se ajustan manualmente para lograr la visualización más conveniente. Posteriormente se adapta el ángulo de incidencia de la fuente luminosa para conseguir la uniformidad de la iluminación.

El relevamiento de la obra se realiza adquiriendo imágenes parciales. En estas se debe contemplar una zona de superposición, dado que posteriormente deben integrarse de manera tal que se logre una reproducción total de obra con la mejor calidad de información.

A continuación se describe el análisis de una obra en la cual se hallaron diseños originales bajo la capa pictórica que no

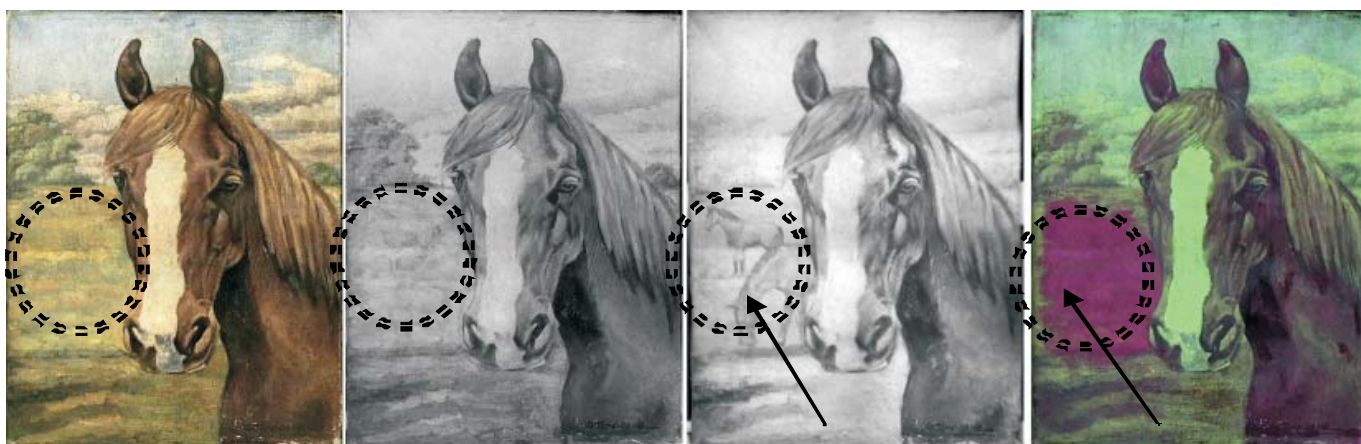


Imagen visual

Reflectografía Infrarroja
Banda IR1

Reflectografía Infrarroja
banda IR2 (boceto anterior)

Fluorescencia Visible
(intervención)

se registran en la imagen visual, donde se revelan “arrepentimientos” del artista.

La obra presenta cierto grado de deterioro en la capa pictórica y no tiene capa de barniz en la superficie. En la imagen se presenta la reflectografía infrarroja en la banda espectral IR1. Se puede observar como los colores claros se tornan transparentes. El ejemplo se puede visualizar observando el sector superior de la obra donde ya no se distinguen las nubes y el cielo y la escala de grises resulta uniforme. Otro detalle que se insinúa, a la izquierda de la cabeza del caballo, es la silueta de una figura.

En la Reflectografía IR2 se observa como se homogenizan los colores claros perdiendo detalles de la capa superficial pero destacando con mayor nitidez aquella silueta, logrando distinguirse que dicha figura corresponde a dos caballos que componían originalmente la obra.

Se efectuaron relevamientos en el modo Fluorescencia Visible. La fluorescencia permite revelar las intervenciones, mermas tanto de barnices como de pintura y restauraciones. Se utilizan como fuente de iluminación lámparas de luz ultravioleta, pudiéndose observar la reacción de los pigmentos de la capa pictórica a este tipo de iluminación.

Se muestra un ejemplo de una intervención realizada por el mismo autor de la obra que resulta muy evidente dado que utilizó pigmentos que entregan una reflexión distinta a los que utilizó para la pintura original.



Reflectografía visible

En este sector de la pintura se pueden observar el “arrepentimiento”



Imagen visual



Reflectografía Infrarroja Banda Ir I
(jinete oculto bajo la capa pictórica)

Análisis y diagnóstico

El estudio de las obras examinadas se presenta como un ejemplo del alcance de la técnica de reflectografía que permite encontrar dibujos que forman parte de bocetos utilizados por el artista.

Estos datos ocultos resultan ser una herramienta inigualable a la hora de certificar una obra, dado que se puede acceder al conocimiento de otras características distintivas de los autores y definir o determinar la época a la que podría pertenecer una pintura, entre tantas otras cosas que resultan significativas para los expertos en la tarea del análisis de la misma.

Cuando se desea obtener información en el relevamiento de una obra es importante utilizar todas las herramientas para poder visualizar la mayor cantidad de detalles posibles, trabajando con las bandas espectrales del IR1, IR2 e IR3 y así cotejar

con la imagen visual en colores de la obra. Este procedimiento permite realizar un diagnóstico y, mediante el proceso de digitalización de imágenes, almacenar esta información y su posterior comparación con otros estudios.

El examen de los resultados obtenidos mediante el ensayo por Reflectografía Infrarroja permite, mediante la observación en las distintas bandas del infrarrojo cercano, visualizar bosquejos originales, comprobar arrepentimientos del artista y confirmar modalidades en las formas de trabajo del artista. Con el empleo de las distintas variedades de iluminación y utilizando las bondades que ofrece el “software” del equipo MUSIS utilizando luz UV, se verificaron las correcciones posteriores del artista que revelaron un arrepentimiento. El análisis de los resultados de estos estudios otorgan, a los expertos, la posibilidad de acreditar la autenticidad de una pintura.

Cuando se realiza la investigación de una obra es recomendable verificar la información mediante otros métodos de ensayo convencionales y de procesamiento digital de imágenes: radiografía, termografía infrarroja, espectroscopia óptica y análisis químico de pigmentos.

CONCLUSIONES

Los detalles que se observan a simple vista y los escondidos bajo la capa pictórica acerca de las técnicas utilizadas, bosquejos originales, arrepentimientos y restauraciones en la pintura, aportan información a historiadores y a restauradores para analizar y evaluar las particularidades de la obra.

También ayudan a la ubicación histórica, origen y, en algunos casos, a confirmar o negar una atribución de la obra de arte. Este tipo de análisis puede aplicarse en pinturas, dibujos y en murales. En general, sirve para la restauración, conservación y catalogación de las obras de arte.

Una actividad importante a desarrollar es la de efectuar un diagnóstico completo de una obra relevante a ser designada por los especialistas en conservación del Museo Nacional de Bellas Artes, y la presentación de los resultados a los directivos de patrimonios culturales fuentes, con lo que se podría dar continuidad al trabajo para la confección de la base de datos de las obras más importantes del Museo.

El impacto de este desarrollo tecnológico produjo necesidades y requerimientos de ensayos en patrimonios arquitectónicos, arqueológicos, de coleccionistas y galerías privadas de obras de arte, restauradores, etc.

El interés surgió como consecuencia de los seminarios que se dictaron en la CNEA desde octubre de 2002, organizados por el Instituto Sabato, para antropólogos, arqueólogos, artistas plásticos, museólogos, autenticadores, restauradores y conservadores sobre “Técnicas no convencionales para el estudio de piezas arqueológicas y obras de arte”.

La presentación de los resultados a los encargados de patrimonios culturales de nuestro país tendrá como objetivo el establecimiento de un nuevo grupo de trabajo multidisciplinario que funcionaría en la CNEA, con la creación de un Centro de Diagnóstico formado por especialistas, equipos y laboratorios que aportarían los datos científicos por medio de técnicas de análisis de materiales.

El objetivo es poder realizar un enfoque multidisciplinario con especialistas en las distintas disciplinas que permita atender las necesidades de conservación, autenticación y valoración de los bienes artísticos, arqueológicos, arquitectónicos y documentales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manual de operaciones del sistema MUSIS (*Multi Spectral Imaging System*)
- *A New High Resolution IR-Colour Scanner For Painting Diagnostics* L. Marras M. Materazzi (INOA)
- Física - Parte II. Cap 42 y 43 de Halliday y R. Resnick
- Curso sobre termografía infrarroja. Ing. Alejandro Bonavera.
- “*Reflectography, a NDT method for images diagnosis*”. 16th Word Conference on Non Destructive Testing. A. Obrutsky, D Acosta Montreal september 2004

Nota: El presente artículo integra el libro “Patrimonio cultural: la gestión, el arte, la arqueología y las ciencias exactas aplicadas”; editado por la CNEA en 2009

Historia del Centro Nuclear Tuwaitha desde su creación hasta su destrucción durante las guerras en Irak

SILVIO FABBRI – Comisión Nacional de Energía Atómica

El sitio Tuwaitha, ubicado a 20 km. al sur de Bagdad, fue elegido al principio de los años sesenta como el centro para la investigación y el desarrollo del programa nuclear de Irak.

El ataque al reactor Osirak en 1981 por la fuerza aérea israelí, las actividades clandestinas para la producción de armas nucleares y las inspecciones realizadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) forman parte de la historia de este complejo nuclear.

Sus instalaciones fueron extensamente dañadas en 1991 en la denominada Guerra del Golfo y finalmente destruidas por los bombardeos durante la invasión a Irak por las Fuerzas de Coalición en el año 2003. El OIEA y varios otros países han elaborado un programa de asistencia internacional para las futuras tareas de desmantelamiento de las instalaciones y la remediación del sitio.

The Tuwaitha site, 20 km. south of Bagdad, was chosen at the beginning of the sixties to be the center for research and development of the Iraqi nuclear program.

The Israeli air attack to the Osirak reactor in 1981, the clandestine activities for nuclear weapons production and the inspections carried out by the International Atomic Energy Agency (IAEA) to verify such activities are parts of the history of that nuclear complex.

Its installations were extensively damaged in 1991 during the so called Golf War and finally destroyed by air bombardment during the invasion by the Coalition Forces in 2003. The IAEA and other several countries have elaborated an international assistance program for the future activities of installations dismantling and site remediation.

1 – Introducción

El ciclo de vida de una instalación nuclear comienza con la construcción y montaje, continúa con la puesta en marcha y operación y termina con el desmantelamiento y remediación del sitio. El desmantelamiento es aplicable a una instalación nuclear como por ejemplo un reactor que finalizó su vida útil bajo condiciones normales de operación, a una instalación nuclear móvil como el caso de un submarino, o también una instalación que sufrió un accidente nuclear severo como el caso del reactor 4 de la Central Nuclear de Chernobil. Ahora se suma un nuevo desafío que es el tratar una instalación que ha sufrido los ataques bélicos como consecuencia de una guerra, como ocurrió con el Centro Nuclear Tuwaitha durante las guerras en Irak en 1991 y 2003.

2 – Objetivos Militares

Cuando se desata una guerra, como el caso de Irak, las fuerzas atacantes fijan los objetivos a destruir del enemigo. En estas guerras las fuerzas de coalición que intervinieron decidieron la destrucción de los siguientes objetivos iraquíes: bases principales de operaciones, bases aéreas, campos militares, cuarteles generales, defensas antiaéreas, plantas de municiones, plantas de misiles, puentes, plantas eléctricas, plantas químicas y biológicas, plantas petroquímicas y nueve instalaciones nucleares. La figura 1 muestra la ubicación geográfica de las instalaciones nucleares en las que se desarrollaban las actividades que se detallan.

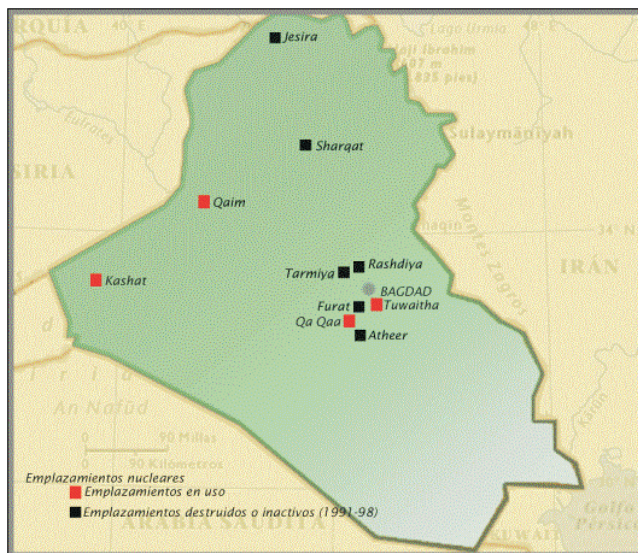


Figura 1

Tuwaitha: centro nuclear de investigación y desarrollo
 Qaim: planta de fertilizantes y extracción de uranio
 Kashat: mina de uranio
 Qa Qaa: planta de producción de explosivos para armas
 Jesira: planta procesadora de uranio y almacenamiento de residuos
 Shargat: planta de producción de radioisótopos
 Rashdiya: planta de centrifugación
 Tarmiya: planta de enriquecimiento de uranio
 Furat: planta de enriquecimiento de uranio
 Atheer: planta de fabricación de uranio metálico

3 – Historia de la creación del Centro Nuclear Tuwaitha

La Comisión de Energía Atómica de Irak fue establecida en 1956 con el apoyo y motivación de Estados Unidos quien le suministró informes técnicos y equipos de medición en el campo nuclear. También se motivó a Irak a participar en el programa “Átomos para la Paz”.

A principios de los 60, Irak adquirió a la ex-Unión Soviética un reactor IRT de 2 MW para investigación que entró en funcionamiento en 1968 en Al-Tuwaitha y que, posteriormente, en 1978, fue repotenciado a 5 MW.

En 1970 Irak firmó el Tratado de No Proliferación de las Armas Nucleares. Con ello se comprometió al uso de la energía nuclear con fines científicos, económicos y sociales únicamente.

En 1976 se produjeron negociaciones comerciales con Francia. Irak compró a los franceses un reactor MTR cuya finalidad era estudiar el efecto de las radiaciones en los materiales usados en las centrales nucleares. El reactor fue llamado Osirak, combinación de Osiris, el dios egipcio de la resurrección, e Irak. A pesar de ser más conocido por ese nombre, los iraquíes lo denominaron Tammuz 1, mes del calendario mesopotámico que se corresponde a junio. Junto con ese reactor Irak también adquirió un pequeño reactor de entrenamiento llamado Tammuz 2.

Ambos fueron construidos en Al-Tuwaitha, junto al reactor soviético, a 20 kilómetros al sur de Bagdad. Por tanto, junto al reactor soviético de 5 MW, las instalaciones se ampliaron a un reactor de agua MTR de 40 MW y a uno de entrenamiento adjunto de 0,5 MW.

Conviene señalar que tanto técnicos franceses como del OIEA verificaron la construcción de los reactores y que no ocurriese ninguna actividad anormal en los mismos.

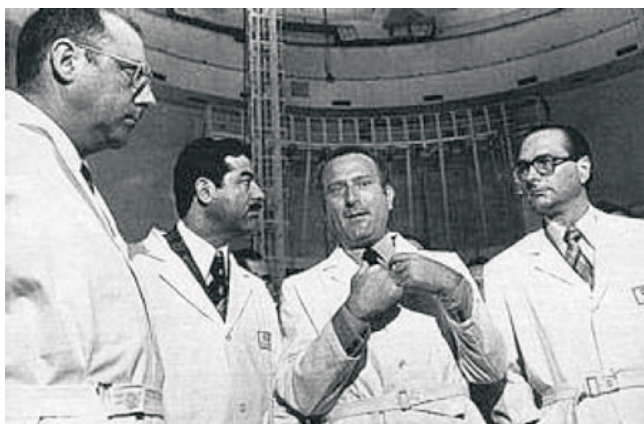


Foto 2: Saddam Hussein durante una visita a Francia en 1975, recorriendo una instalación nuclear, siendo recibido por el entonces por el Primer Ministro francés Jacques Chirac (con anteojos a la derecha).



Foto 3: El reactor Osirak durante su construcción.

4 – Destrucción del reactor Osirak. Operación “Opera”

Irak pertenecía al grupo de países que no reconocían la existencia del Estado de Israel desde su creación en 1948. Para los israelíes, el reactor iraquí era una amenaza y debía de ser neutralizada. El recientemente electo gobierno de Israel encabezado por Menajem Beguin, luego de agotar las vías diplomáticas, autorizó el uso de la fuerza contra el reactor. El nombre en clave de la operación sería “Opera”. Se comenzaron a planear diferentes alternativas de acciones militares para atacar el centro nuclear Tuwaitha. La opción de un ataque aéreo era la mejor solución.

Curiosamente, el primer intento vino por donde y por quien menos lo esperaban los israelíes. El 30 de septiembre de 1980 las instalaciones del reactor fueron alcanzadas por un ataque de aviones iraníes; los daños no fueron importantes y el retraso en la construcción fue leve. Bagdad estaba defendido por un enorme y basto cinturón antiaéreo; así mismo, se elevaban alrededor del Centro muros de terraplén y concreto armado para resguardar las instalaciones.

Israel fijó cuidadosamente la fecha del ataque y la ruta a utilizar, dado que debía atravesar muchísimo territorio extranjero para destruir el reactor. Vale recordar que por ese entonces Irak se encontraba en guerra con Irán, conflicto bélico que duró 8 años y costó la vida de aproximadamente un millón de personas.

4.1 El ataque

El 7 de junio de 1981, la operación “Opera” dio inicio. Aviones israelíes despegaron de la base de Etzion y volaron en una ruta que los llevo sobre Jordania, Arabia Saudita y finalmente Irak. Cerca de las 17 horas, Bagdad fue sorprendida sin poder reaccionar. Situándose a una altura adecuada los aviones lanzaron las bombas que, al estar equipadas con dispositivos de retardo, garantizaron máxima destrucción.

El reactor Osirak quedó totalmente destruido, algo que confirmaron meses después las imágenes satelitales obtenidas por Estados Unidos. Se había logrado el objetivo sin producir contaminación nuclear alguna, ya que para la fecha el reactor aún estaba en etapa de construcción.

Las reacciones al ataque no se hicieron esperar e Israel sufrió todo tipo de censuras internacionales. Francia se mostró enérgica al haber perecido en el ataque un técnico francés. Por su parte, el OIEA condenó a Israel ya que este ataque significaba una falta de confianza en su labor de verificación. El mundo árabe condenó en conjunto el ataque, pero esta condena fue suavizada por el hecho de que se encontraba dividido por el conflicto de Irak-Irán. La destrucción del reactor (foto 4) significó el colapso del programa nuclear iraquí.



Foto 4

5 – Tuwaitha después del ataque al reactor Osirak

Luego del ataque, Tuwaitha (foto 5) continuó creciendo. Desde el año 1982 hasta 1991 se crearon la división ciencia de los materiales, el departamento de electrónica y el departamento de difusión gaseosa. Se equiparon los laboratorios y se instaló un centro médico para los empleados.

En 1991 el Centro Nuclear Tuwaitha fue seriamente dañado durante la Guerra de Golfo. La CIA lo asoció al programa de desarrollo de armas nucleares. Entre 1991 y 1998, el OIEA retiró el "stock" de uranio altamente enriquecido que había en Irak de conformidad con la Resolución N° 687 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas. A partir de 1999 y hasta 2002 no se realizaron inspecciones por la expulsión de los inspectores de ese organismo internacional por parte del gobierno iraquí.

En el año 2003, del 20 de marzo al 1° de mayo, se desató la guerra y se produce la invasión de Irak por parte de las fuerzas de la coalición. Finalmente, el 7 octubre de ese año, dichas fuerzas entregaron el Centro Nuclear Tuwaitha a la Guardia Ministerial Iraquí



Foto 5

En resumen, Tuwaitha estaba equipado con:

- Laboratorios de análisis químicos y radioquímicos
- Laboratorios de biología y agricultura
- Laboratorio de ensayos de materiales en frío
- Laboratorio de física nuclear
- Laboratorio de electrónica
- Laboratorio de investigación química
- Laboratorio de análisis médicos
- Planta para ensayos de material irradiado
- Planta para producción de radioisótopos
- Planta de tratamiento de residuos radioactivos
- Planta de tratamiento de agua
- Planta de producción de hidrógeno
- Planta para fabricación de combustibles
- Reactor Tamuz 1 (Osirak) de 40 MW
- Reactor de investigación Tamuz 2 de 0,5 MW
- Reactor de investigación IRT-5000 de 5 MW
- Silos para almacenamiento de residuos sólidos y líquidos
- Talleres mecánicos
- Centro médico

6 – Cronología de las inspecciones realizadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica

En abril de 1991, luego de la cesación del fuego de la primera Guerra del Golfo, se aprobó la Resolución N° 687 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas. En ella se pidió al OIEA que ubicara y neutralizara el programa nuclear iraquí y verificara el cumplimiento de las

obligaciones contraídas por ese país en virtud del “Tratado de No Proliferación de las Armas Nucleares”. Se creó así la INVO (*Iraq Nuclear Verification Office*).

En ese año, a medida que las inspecciones avanzaban, fue quedando en claro que la reacción inicial de Irak no se correspondía con las expectativas de transparencia esperadas por el Consejo de Seguridad. Durante los primeros meses el objetivo de Irak fue ocultar la mayor parte posible de su programa nuclear. En ese contexto las inspecciones no anunciadas realizadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica se convirtieron en una poderosa herramienta que obligó al país a revelar algunos componentes de ese programa. El alcance del programa clandestino quedó finalmente al descubierto.

Desde 1991 a 1994 las inspecciones localizaron, destruyeron, neutralizaron y retiraron materiales y equipos que pudieran ser utilizados para la fabricación de armas nucleares, estableciéndose la presencia permanente en Bagdad de inspectores del Organismo.

En agosto de 1995 escapó de Irak el general Hussein Kamel (yerno de Saddam Hussein), quien fuera supervisor de todos los programas de armas de destrucción masiva de ese país, y formuló declaraciones y efectuó revelaciones relacionadas con esos programas. A partir de esas revelaciones, Irak asumió una actitud de mayor transparencia. Se efectuaron excavaciones en el desierto para recuperar materiales escondidos. Para fines de los noventa el mundo tenía un cuadro coherente y claro del programa nuclear de Irak, documentado en los extensos informes presentados al Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas.

En el período 1998 a 2002 no se realizaron inspecciones en Irak, pero se obtuvieron imágenes de alta resolución captadas desde satélites.

El 16 diciembre de 1998 se realizó la operación “Zorro del Desierto” por parte de fuerzas norteamericanas.

En mayo de 2002 se aprobó la Resolución N° 1409 del Consejo de Seguridad otorgando al OIEA un nuevo mandato en virtud del cual se revisan todos los contratos de exportación de mercancías a Irak con el fin de detectar que elementos podrían haberse utilizado en un programa nuclear encubierto.

Del 27 de noviembre del 2002 al 17 de marzo del 2003, de conformidad con la Resolución N° 1.441 del Consejo de Seguridad, se realizaron 247 inspecciones en 147 lugares y más de 1.600 edificios, instalaciones estatales y privadas, centros de investigación, empresas comerciales y universidades. Se tomaron muestras de materiales nucleares y no nucleares, ambientales y de suelos, en distintos lugares de Irak.

El 7 de marzo 2003 ante el Consejo de Seguridad, el Director General del OIEA, Dr. Mohamed ElBaradei, dijo textualmente que dicho organismo no había encontrado ninguna prueba o indicio de que se hubiera reanudado un programa de armas nucleares en Irak. También añadió que el Organismo necesitaba más tiempo para terminar de investigar si Irak había intentado reactivar su programa nuclear entre 1998 y 2002. El 17 de ese mes se

suspendieron las inspecciones y se retiraron los inspectores del Organismo de Irak. El 20 de marzo comenzaron los bombardeos sobre Bagdad.

Como dato adicional cabe recordar que el 19 de agosto de ese año se produjo en Bagdad el mayor atentado contra una delegación de la Organización de las Naciones Unidas en su historia, falleciendo, entre otras tantas personas, el Representante Especial de Naciones Unidas en Irak, el brasileño Sergio Veira de Mello.

En el año 2005 el OIEA y el Dr. Mohamed ElBaradei ganaron el premio Nóbel de la Paz.



Foto 6 . Inspectores del OIEA examinan las ruinas de una instalación nuclear en Tuwaitha

7 – Estado de situación del Centro Nuclear Tuwaitha

Luego de los ataques militares que recibió Irak en 1991 y 2003, la situación del complejo nuclear puede sintetizarse en:

- 12 años de embargo internacional
- Científicos aislados
- Falta de mantenimiento
- Falta de recursos financieros
- Falta de leyes
- Instalaciones destruidas
- Residuos nucleares fuera de control

7.1 Instalaciones destruidas en Tuwaitha

Las instalaciones destruidas en Tuwaitha se muestran en las siguientes figuras:

Reactor IRT 5000

- Reactor tipo pileta (foto 7 y 8) construido por la ex-Unión Soviética, entró en operación en 1968 con una potencia de 2 MW. En 1978 aumentó la potencia a 5 MW.
- Usado principalmente para producción de radioisótopos y como fuente neutrónica para investigación nuclear.

- Alta contaminación y activación en estructuras y equipos (cobalto-60 y cesio-137).
- Situación actual: 85 t. de residuo sólido + 55 m³. de residuo líquido.
- Destruído por los bombardeos en la guerra de 1991.



Foto 7



Foto 8

Reactor de Investigación Tamus 2

- Reactor tipo pileta (foto 9 y 10) de 500 Kw. suministrado por Francia
- Diseñado como "mock up" para entrenamiento y trabajos de investigación
- Área físicamente peligrosa con riesgo de colapso.
- Alta contaminación en estructuras y equipos.
- Situación actual: 50 t. de residuo sólido + 35 m³. de residuo líquido.
- Totalmente destruido en la guerra de 1991.



Foto 9



Foto 10

Planta de Producción de Radioisótopos

- Construida por una empresa italiana para propósitos medicinales.
- Destruída en la guerra de 1991.
- Dos celdas (foto 11) quedaron en pie levemente contaminadas.
- Situación actual: 10 t. de residuo sólido.



Foto 11

Laboratorio de Radioquímica

- Laboratorio (foto 12) utilizado para reprocesar combustible irradiado para la extracción de plutonio.
- Destruído en la guerra de 1991.
- Situación actual: 55 t. de residuo sólido + 5 m³. de residuo líquido.
- Alta contaminación interior.



Foto 12

8 – Consecuencias de la guerra de 2003

El centro nuclear Tuwaitha era uno de los sitios más custodiados; durante su construcción se realizó un terraplén alrededor de todo el complejo para evitar asaltos.

Sin embargo, en abril de 2003 la guardia del Centro Atómico desaparece y comienzan los saqueos, como ocurrió en tantos otros lugares del país (museo de arte moderno, museo arqueológico, biblioteca nacional,

biblioteca coránica, conservatorio nacional de música, colegios, universidades, etc.).

A fines de abril y principios de mayo arriban las fuerzas de la coalición y descubren que cerca de 200 tambores que contenían UO₂, U₃O₈ y UCL₄ habían sido robados, vaciados y vendidos a los habitantes de Ishtar, pequeña villa próxima a Tuwaitha, siendo utilizados para almacenar alimentos, agua potable y para lavar ropa. Del inventario de Tuwaitha faltaron 10 kg. de compuestos de uranio y 4 fuentes radioactivas.

A partir de las guerras, Tuwaitha se encuentra con la necesidad de implementar en el menor tiempo posible las siguientes actividades:

- Marco regulatorio para el desmantelamiento y la gestión de residuos.
- Colección y análisis de datos de equipos, edificios y suelos contaminados.
- Planificación e implementación de un plan de desmantelamiento.
- Planificación de la estrategia para la disposición de residuos nucleares.
- Entrenamiento del personal.

Ante este estado de situación el OIEA, Estados Unidos y otros países (Alemania, Reino Unido, Italia, Francia, Rusia y Ucrania) han organizado proyectos de asistencia internacional. Las actividades principales serán la caracterización de las instalaciones, desmantelamiento y demolición de edificios, gestión de los residuos y restauración del sitio. El tiempo estimado es de 10 años con un costo aproximado de 30 millones de dólares.

La intención es transferir el centro al Ministerio de Ciencia y Tecnología de Irak para investigación y desarrollo en el área de agricultura, agua y petroquímica.

Si Tuwaitha volverá en el futuro a tener actividades nucleares sólo el tiempo lo dirá.

9 – Conclusiones

La capacidad nuclear de Irak se desmanteló en los años posteriores a la Guerra del Golfo de 1991. En marzo de 2003 no había ninguna prueba ni indicio verosímil de que Irak hubiese reanudado un programa de actividades prohibidas en relación con el sector nuclear, según lo afirmó el Director General del OIEA el 7 de marzo de 2003 ante el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas.

Agradecimientos

Al OIEA (J. Baute, M. Laraia) y a los colegas iraquíes anónimos que me facilitaron información.



**ASOCIACION ARGENTINA DE
TECNOLOGIA NUCLEAR**

**36 años apoyando la
actividad nuclear para una mejor
calidad de vida**

Av. Callao 384 1° 3 (C1022AAQ) C. A. de Buenos Aires
Tel: 011-4372-2013 www.aatn.org.ar aatnmail@gmail.com

AATN 

Certificación de materiales de referencia para el análisis químico: entrevista a la Dra. Patricia Smichowski

ANDREA ORSATTI - Gerencia de Relaciones Institucionales - Comisión Nacional de Energía Atómica

En el mes de enero, el Centro Atómico Constituyentes recibió la visita del Prof. Dr. Sergio Caroli, Director de Investigación del Instituto Superiore di Sanità (ISS) de Roma, Italia, quien participó en una reunión coordinada por la Dra. Patricia Smichowski, de la Gerencia de Química de la CNEA e investigadora independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), con el objetivo de evaluar y discutir los resultados obtenidos en el proceso de certificación de un material de referencia.

El encuentro contó con la participación de la Dra. Paola Bottoni del referido Instituto italiano y de representantes de laboratorios de la CNEA y de la Argentina que participaron en este proyecto.

Con motivo de esta visita, la Dra. Patricia Smichowski explicó cómo participa la CNEA en el proceso de certificación de materiales de referencia, para entender la importancia de la realización de este tipo de estudios en los laboratorios de la Institución.

¿Qué son los materiales de referencia certificados?

Los materiales de referencia certificados (CRMs, según su abreviatura en inglés) son materiales de matrices/composición similar a las muestras a analizar, en los cuales las concentraciones de los analitos están garantizadas y certificadas por un organismo competente. Para verificar la trazabilidad se analiza el CRM y se comparan los resultados obtenidos con un determinado método analítico, con los valores certificados. Esto se debe a que uno de los principales parámetros a verificar en la validación de un método analítico es la exactitud de los resultados proporcionados por el mismo.

Estos materiales son provistos por distintos organismos e institutos internacionales. Existen CRMs para todo tipo de matrices, como por ejemplo: aceros y aleaciones, alimentos, biota, aguas, sedimentos, suelos, entre otros.

En la actualidad están registrados más de 10.000 CRMs y existen en el mundo más de 130 proveedores. Entre ellos, el gobierno de los Estados Unidos a través del NIST (*National Institute of Standards and Technology*), y la Comunidad Europea a través del IRMM (*Institute for Reference Materials and Measurements*) quienes los preparan, analizan, certifican y comercializan.

¿Para qué se utilizan?

Un químico analítico desarrolla y optimiza métodos que permitan obtener información sobre qué compuestos o especies y en qué cantidades están presentes en una determinada muestra. Para eso, desarrolla un método y para la cuantificación usa una técnica, en general, instrumental. Nosotros trabajamos principalmente en la determinación de metales y metaloides a muy bajas concentraciones en distintos tipos de muestras por técnicas espectroscópicas atómicas. El resultado de ese trabajo es

siempre un número, por ejemplo, 20 mg. por m³ de plomo (Pb) en aire.

Pero la pregunta es: ¿Cómo tengo seguridad que ese resultado es verdadero?. Lo corroboro analizando junto con mis muestras un CRM específico cuya concentración de Pb está certificada por un organismo competente.

Esta es una de las formas más reconocidas por la comunidad científica para tener esa certeza y garantizar la calidad del estudio y de los resultados obtenidos.

¿Cuál es la participación de la Argentina y específicamente de la CNEA en este proceso de certificación?

Estos estudios forman parte del "*Programa Nazionale di Ricerca in Antártica*" (PNRA). El PNRA fue aprobado por el Gobierno Italiano (Ley 284) en junio de 1985 y ha desarrollado a lo largo de los años distintos tipos de proyectos. Entre ellos, los enmarcados en las Ciencias Ambientales.

Un grupo de esos proyectos está destinado a evaluar y monitorear la contaminación ambiental en la Antártida, debido a que ésta juega un rol fundamental para comprender el proceso global de contaminación a nivel planetario.

En este marco se trabaja para la certificación del molusco *Adamussium colbecki*. La Gerencia de Química de la CNEA coordinó el análisis de las muestras enviadas por el ISS. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Plasma, en el de Compuestos de Uranio, en el de Técnicas Analíticas Nucleares y en el Laboratorio Químico de Materia Condensada. Además, de nuestro país participaron el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y la Universidad Nacional de San Luis.



Espectrómetro de emisión óptica con fuente de plasma (ICP OES)

Luego, en una reunión que se llevó a cabo en el Centro Atómico Constituyentes, se analizaron y discutieron los resultados obtenidos por todos los laboratorios de la Argentina y se compararon con los de los otros laboratorios. Los resultados obtenidos en la Argentina fueron muy satisfactorios.

Todo este proceso fue muy importante, porque al realizarse la reunión de certificación en el país, los profesionales argentinos pudieron asistir y participar en el proceso de certificación y evaluación de resultados, lo que es muy enriquecedor para el trabajo cotidiano.



Profesionales de Laboratorio de Plasma de la CNEA que participaron en el proyecto

Cabe destacar que, además, los datos obtenidos serán de utilidad para tomar conocimiento sobre la contaminación que existe en la Antártida, dado que los seres vivos van incorporando estos contaminantes y sirven como indicadores o biomonitores.

Cómo es el proceso de Certificación de los Materiales de Referencia

Primero se seleccionó el material, en este caso un molusco.

Extracción

Un equipo de investigadores recogió de las aguas de la Antártida 80 kg. del molusco seleccionado, denominado "*Adamussium colbecki*".



Imagen del molusco

Preparación

Los moluscos fueron lavados, se les extrajo el caparazón (exoesqueleto) y se los envió a la Comunidad Europea.

Molienda

En laboratorios con atmósfera denominada "ultrapura" se los secó y fueron introducidos en tambores de acero inoxidable, y a través de una corriente de aire a presión de máxima pureza, fueron molidos.

Lo obtenido fue envasado y enviado a diferentes laboratorios de todo el mundo.

Determinación de metales

Las muestras se analizaron por diversas técnicas y se evaluaron los resultados obtenidos.

En una primera etapa se calcularon los valores promedio para cada elemento, se confeccionó un gráfico que representa los resultados obtenidos por cada laboratorio para cada elemento químico, con su error asociado.

Los datos aceptados quedaron incorporados y para los que estaban por fuera se volvió a realizar el cálculo, a efectos de determinar las concentraciones finales.

Comercialización

Los materiales certificados se comercializan en diferentes formatos, con el documento respectivo que garantiza las concentraciones certificadas del mismo.

¿Cuál es el siguiente paso?

Después de procesarse los datos estadísticamente, se elaborará el certificado y la Comunidad Europea comenzará a comercializar el material.

¿Se va a continuar trabajando en colaboración con Italia en el marco del PNRA?

En principio hay que destacar que la Argentina tiene una larga historia en la Antártida que data desde 1904, fecha en la cual se estableció el primer observatorio científico. Desde hace más de una década, integrantes de la Gerencia de Química de la CNEA se encuentran trabajando en temas relacionados con la contaminación química en esa prístina zona del planeta.

La Dra. Patricia Smichowski comenzó con este tipo de trabajos en el año 1996 con la certificación del Krill Antártico, que se comercializa hace varios años.



Finalmente, la Dra. Smichowski resaltó que la importancia de estos estudios radica en el reconocimiento, a nivel internacional, de las capacidades técnicas de la CNEA, siendo esto también un reconocimiento al trabajo de sus profesionales. Señaló que ello es válido también para la Argentina, ya que a través de la CNEA se invitó a otros centros universidades e institutos para llevarlo a cabo, lo que permite mostrar asimismo el nivel de excelencia en investigación que tiene el país en su conjunto.

En el mes de diciembre, el Dr. Carol y la Dra. Botani concurrirán nuevamente al Centro Atómico Constituyentes para realizar la certificación final.

PARTICIPANTES

CNEA

Patricia Smichowski

Silvia Farias

Julieta Marrero

Raúl Jiménez Rebagliati

Griselda Polla

Sara Resnizky

Yamila Morisio

Emanuel Leiva

Rodrigo Invernizzi

INTI

Liliana Valiente

Margarita Piccinna

Universidad Nacional de San Luis

Pablo H. Pacheco

Luis D. Martínez



NA·SA NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA S.A.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA fue fundada el 7 de septiembre de 1994 con el propósito de constituirse en uno de los actores claves del Mercado de generación eléctrica en la Argentina. Cuenta para ello con las Centrales Nucleares Atucha I y Embalse, las cuales se encuentran en operación desde 1974 y 1984 respectivamente. Además, tiene en construcción la Central Nuclear Atucha II.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA es una empresa comprometida con la generación de energía nucleoelectrica en forma segura, eficiente, competitiva y limpia. Estos valores son los que guían su actuación en el Mercado Eléctrico Mayorista Argentino, uno de los más desregulados y competitivos del mundo.

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA S.A.

Arribeños 3619 Buenos Aires . Argentina - (C1429 BKQ)

Tel. (54 11) 4701-1643/8514/4651 - Fax (54 11) 4701-0401

Info@na-sa.com.ar - www.na-sa.com.ar

Aclaraciones y Comentarios

Tal como se consigna en la nota editorial, en este número incluimos las aclaraciones y comentarios que han hecho llegar al Comité Editorial los lectores Ing. Héctor Espejo y Lic. Marta Rauch en relación con el artículo "Reflexiones sobre el desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina" del que es autor el Ingeniero Domingo Quilici. Se trata principalmente de aclaraciones que enriquecen el contenido de esa bien lograda colaboración del Ing. Quilici. La carta del Ing. Espejo y la Lic. Rauch dice así:

AL COMITÉ EDITORIAL DE LA REVISTA DE LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA.

Hemos leído con suma atención el artículo de Domingo Quilici sobre "Reflexiones sobre el desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina" aparecido en la Revista de la CNEA AÑO VIII - Números 31/32 - periodo julio/diciembre 2008, de reciente distribución.

El autor analiza con detalle el desarrollo de proveedores locales críticos para instalaciones nucleares poniendo de manifiesto el esfuerzo que eso representó para la CNEA y para el país todo. Sin embargo, deja de lado un área en la cual la CNEA se desarrolló para sí misma como proveedora de servicios para la industria nuclear. En efecto, para que grupos técnicos locales pudieran realizar los denominados Ensayos no Destructivos (END) en momentos de montaje y preservicio en la Central Nuclear Embalse, el contratista principal exigía que el personal involucrado tuviera igual nivel de calificación y certificación como el que se requería en el país de origen, Canadá.

Este aspecto de introducir capacidad local con alto grado de competencia permitió entonces promover la calificación y certificación de personal dedicado a END que debía participar en los aspectos constructivos mencionados y muy especialmente en las denominadas inspecciones de preservicio necesarias antes de la puesta en marcha de la instalación. Todo este accionar fue relatado con muchos detalles por parte de los firmantes de la presente y publicado en la Revista de la CNEA - AÑO VI - Número 21/22 - periodo enero/junio 2006.

El autor de la nota en cuestión, mencionada en el párrafo primero de la presente, no ha tenido en cuenta este proceso, a pesar de haber sido expuesto en la Revista indicada en el párrafo precedente.

Los firmantes consideran que estas acciones deberían ser incluidas en las "Reflexiones" en cuestión, ya que la experiencia adquirida fue la base de la primera norma nacional de calificación y certificación de personal en una disciplina tecnológica relevante (reconocida así por el IRAM) y que sirvió como base,

además, a la norma internacional ISO 9712(*). Una parte importante de esta labor, relatada oportunamente, contó con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica para el proyecto original desarrollado en la CNEA y la posterior transferencia de la experiencia propia a un Proyecto Regional con un efecto multiplicador en toda América Latina y el Caribe.

Por supuesto que la industria local se benefició con la participación en las tareas de inspección ya mencionadas y que se continuó desde aquel entonces en las inspecciones periódicas de mantenimiento de la Central Nuclear Atucha I y la Central Nuclear Embalse, permitiéndoles además trabajar en el montaje de la Central Nuclear Atucha II y preparar las futuras inspecciones.

Las referencias bibliográficas que figuran en la Revista N° 21/22 mencionada deben ser consideradas complementarias a las que presenta el autor en la Revista N° 31/32 y algunas podrían haber sido incluidas en esta última. Llama la atención que el autor no mencione el desarrollo que se hizo en la CNEA en el área de END a pesar de citar una publicación de 1973 de Juan N. Báez, uno de los pioneros en esta actividad en nuestra Institución y en el país, con alto reconocimiento internacional.

Solicitamos la publicación de la presente en la próxima edición de la Revista de la CNEA a fin de que la historia que se ha querido mostrar no quede incompleta y no queden relegados quienes participaron en consolidar dentro de la CNEA una actividad que trascendió a la industria nacional y llegó a tener un valor sustantivo en el orden internacional.

FIRMADO: Héctor Espejo – Marta Ruch

* Experiencia remarcada últimamente en una publicación del OIEA aparecida en abril 2009: IAEA TCS-34(SIN1018-5518)–Viena.

CNEA AL DÍA

NOTICIAS DE LA
COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA

(1° de enero al 30 de junio de 2009)

Puesta a crítico del Reactor RA - 6

En el marco del proyecto de cambio de núcleo e incremento de potencia del reactor de investigación y docencia RA-6, el pasado 20 de enero esta instalación nuclear, ubicada en el Centro Atómico Bariloche, fue puesta en estado crítico con su nueva configuración de núcleo que utiliza combustibles de siliciuro de uranio de bajo enriquecimiento (menos del 20%). Estas características lo convierten en el primer reactor argentino que funciona con este tipo de combustible.

Así la CNEA continuó cumpliendo con el compromiso adquirido internacionalmente de operar en todas sus instalaciones con uranio de bajo enriquecimiento como contribución al régimen internacional de no proliferación de las armas nucleares.

La CNEA obtuvo el 30 de diciembre de 2008 la licencia para la puesta en marcha otorgada por la Autoridad Regulatoria Nuclear y comenzó el 12 de enero pasado el proceso de carga de combustibles. Primero se colocaron 13 elementos, incluidos los 4 de control. Esta etapa finalizó el 14 con la carga del primer núcleo. A partir de entonces se continuó con la operación de aproximación a crítico, que se logró el 20 de enero a las 20.51, y se continuó trabajando para alcanzar la potencia de operación del reactor, que es de 1 Mw.

La fabricación de los elementos combustibles se realizó en la Planta de Fabricación de Elementos Combustibles para Reactores de Investigación (ECRI) del Centro Atómico Constituyentes.

Comienza la Evaluación de Impacto Ambiental del reactor CAREM

La CNEA dio inicio formal a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del Reactor CAREM, que estará a cargo de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Avellaneda. Así quedó establecido a través de un convenio rubricado el 26 de febrero por la Lic. Norma Boero, Presidenta de la CNEA, y el Ing. Jorge Del Gener, Decano de esa Facultad.

Entre las principales tareas a desarrollar se destacan la evaluación de la condición ambiental de base y el relevamiento y análisis de los antecedentes estadísticos e históricos; el estudio detallado de los aspectos ambientales y de seguridad de las instalaciones nucleares y convencionales de la central nucleoelectrónica; el análisis de la normativa vigente para la elaboración de la Matriz Legal del CAREM; la ejecución de modelos fisicomatemáticos de difusión en la atmósfera y en el curso de agua; el análisis de potenciales riesgos; y la elaboración de la Matriz de Impacto Ambiental.

El EIA resulta fundamental no sólo por la importancia de una programación y un diseño responsables con el entorno del futuro reactor, sino también para obtener por parte de las autoridades bonaerenses el permiso de construcción.

Exportación de molibdeno-99 a Brasil

La CNEA comenzó a exportar al Brasil molibdeno-99 a efectos de que ese país cuente con este insumo para diagnóstico y terapia en medicina nuclear. El molibdeno-99, considerado imprescindible para la concreción de estudios de este tipo, comenzó a ser exportado tras la salida de servicio del reactor canadiense NRU que provee un tercio de los radioisótopos que se utilizan a nivel mundial, parado al menos por tres meses por tareas de mantenimiento. En ese contexto, la CNEA duplicó la producción para proveer al Brasil.

La CNEA y el patrimonio cultural argentino

La CNEA editó el libro "Patrimonio cultural: la gestión, el arte, la arqueología y las ciencias exactas aplicadas"; producto del trabajo realizado en las "Primeras Jornadas Nacionales para el Estudio de Bienes Culturales" realizadas en el Centro Atómico Bariloche, en el mes de abril del año 2007.

El acto oficial de presentación del libro se llevó a cabo en la Sala Miguel Cané de la Sede de la Secretaría de Cultura de la Nación. Allí, los editores de la publicación, la Dra. Cristina Vázquez y el Lic. Oscar Palacios, junto con la Directora de Dirección Nacional de Patrimonio y Museos, Dra. Arquitecta María de las Nieves Arias Incollá, entregaron los primeros ejemplares a los autores de los artículos incluidos en la publicación.

La obra reúne un total de 36 artículos, 15 de los cuales tratan sobre la gestión de bienes culturales. Entre ellos, 5 fueron presentados por profesionales de la CNEA: Ana María Alborno, Laura Alfaro, Rafael Castro, Alba E. Obrutky y Javier Santiesteban.

Cabe destacar que la participación de la CNEA en el área de los bienes culturales guarda relación con las múltiples aplicaciones de la tecnología nuclear.

La CNEA contará con un nuevo “cluster” de servidores para investigación virtual

En virtud de la siempre creciente demanda de sus investigadores, la CNEA encaró un proyecto de modernización de equipamiento con el propósito de desarrollar en el Centro Atómico Constituyentes un Centro de Cálculo Avanzado para Ciencias e Ingeniería, para lo cual decidió implementar un “cluster Xeon Quad Core” sobre plataforma “INTEL” para potenciar la capacidad de procesamiento en las experimentaciones en física, química, biología y matemática. Para 2008, los dos “cluster” de 42 nodos que la CNEA tenía instalados (y que seguirán funcionando) para conectar sus sedes ya no resultaban suficientes para realizar los proyectos programados. La CNEA concursó entonces el proyecto y, tras cerrar los acuerdos pertinentes, comenzó la implementación de su nuevo “cluster” a completarse en el curso de 2009.

Las simulaciones reemplazan muchas veces al trabajo de laboratorio. Permiten la realización de experimentos virtuales, computacionales, que en el laboratorio demandarían mucho tiempo y dinero.

Cerca de 105 científicos distribuidos principalmente entre las sedes de Capital Federal, Gran Buenos Aires y Bariloche participan en los proyectos que utilizarán el “cluster”.

Nuevo edificio para la Ingeniería del Proyecto CAREM

La CNEA inauguró en el Centro Atómico Bariloche el nuevo edificio para la Ingeniería del Proyecto CAREM, en un acto presidido por el Secretario de Energía de la Nación, Ing. Daniel Cameron, quien remarcó el interés del Gobierno Nacional en el desarrollo del este reactor modular de 25 MW. El evento contó con la presencia de la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, y del Vicepresidente, Ing. Mauricio Bisauta, acompañados por otras autoridades de la Comisión, realizándose el corte de cinta tradicional con lo que se dio lugar a la inauguración formal de las nuevas instalaciones.

Encuentro Ciclista por el Día de la Energía Atómica

El 31 de mayo, en el marco de la celebración del Día de la Energía Atómica y del 59 Aniversario de la creación de la CNEA, se realizó en San Carlos de Bariloche un Encuentro Ciclista abierto a la comunidad organizado por el Centro Atómico Bariloche. El encuentro tuvo dos modalidades: por un lado se realizó un recorrido competitivo entre el Centro Atómico y Colonia Suiza (ida y vuelta; distancia aproximada 25 km.). La otra fue un recorrido participativo que comprendió un itinerario entre el Centro Atómico y el Puente Casa de Piedra.

Más de 100 personas participaron tanto de la competencia como en el recorrido recreativo. Posteriormente, en el Gimnasio del Centro Atómico se ofreció un asado para todos los participantes y se entregaron trofeos a los corredores que obtuvieron los primeros cinco puestos en cada categoría.

HYFUSEN 2009

La tercera edición de este evento se realizó en la ciudad de San Juan entre el 8 y el 12 de junio, organizado por el Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable de la CNEA en colaboración con el gobierno de esa provincia, el Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan y la Universidad Tecnológica Nacional.

El HYFUSEN (Congreso Nacional sobre Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía), fue organizado por primera vez en el año 2005 por el citado Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable con el objeto de impulsar el desarrollo nacional y la integración regional en sistemas energéticos basados en el uso del hidrógeno y fuentes sustentables de energía. Su primera edición se realizó en San Carlos de Bariloche.

La segunda edición, HYFUSEN 2007, se llevó a cabo en la ciudad de Posadas, incorporando la participación de los países de la región y de la Península Ibérica y ampliando su temática al área de los biocombustibles y a innovadoras propuestas educativas en el campo de la energía, incluyendo el dictado de cursos durante la jornada previa al inicio del Congreso.

El Tercer Congreso Nacional y Segundo Iberoamericano sobre Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía, HYFUSEN 2009, mantuvo el mismo esquema de presentaciones científicas, tecnológicas y educativas y el dictado de cursos de introducción previos al inicio del Congreso e incorporó un curso para periodismo científico en el campo de la energía. Al igual que en las anteriores ediciones, incluyó presentaciones de “posters”, paneles de debate y un concurso de becas para estudiantes universitarios avanzados y jóvenes graduados.

Participación de la CNEA en la Tercera Reunión de Revisión de la Convención Conjunta

La CNEA participó en la Tercera Reunión de Revisión de las Partes Contratantes de la “Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos” que la Argentina suscribió el 19 de diciembre de 1997, adhesión que ratificada por el Honorable Congreso de la Nación mediante la sanción de la Ley N° 25.279.

Desde entonces, ha asumido el compromiso de elaborar y presentar, cada tres años, un informe relativo a la seguridad en la gestión del combustible gastado y de los desechos radiactivos en el país. Dicho informe es expuesto y sometido a la revisión de pares en las Reuniones de Revisión del Tratado por las Partes Contratantes.

La CNEA es la responsable de la coordinación nacional de las actividades referidas a esta Convención.

La Delegación Argentina estuvo integrada por representantes de la Cancillería, la Autoridad Regulatoria Nuclear y la CNEA, quienes presentaron el tercer informe nacional correspondiente al trienio diciembre de 2004 a diciembre de 2007. En él se detallaron los aspectos más relevantes relacionados con el marco regulatorio y normativo de la gestión; las políticas y criterios rectores de las prácticas; los ámbitos de aplicación; la gestión de las fuentes selladas en desuso; la seguridad en la gestión del combustible gastado y la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos.

INSTITUTO BALSEIRO

“Viviendo con una estrella” y “Ecos del Bing Bang”

"Viviendo con una estrella" fue el nombre de la charla de divulgación auspiciada por el Instituto Balseiro el 13 de abril en el Salón de Actos del Centro Atómico Bariloche con motivo del Año Internacional de la Astronomía. En esta oportunidad el protagonista fue el Sol, nuestra estrella más cercana. Brindó la conferencia el Dr. Gabriel Paissán, del Grupo de Física Estadística del Centro Atómico Bariloche y docente de la Universidad Nacional del Comahue. Esta charla, abierta a todo el público y con entrada libre y gratuita, llevó a los asistentes por los diversos caminos que recorrieron y aún recorren la ciencia y la tecnología para develar los misterios del Sol.

Paissán expuso sobre los hitos más importantes que llevaron a la humanidad al conocimiento actual del Sol y sobre muchos de los desafíos que aún quedan por resolver.

Continuando con el ciclo de charlas sobre astronomía para todo público, el 8 de junio se realizó una nueva titulada “Ecos del Big Bang: el Fondo Cósmico de Microondas”, que propuso temas en los que fueron protagonistas la radiación de microondas y el origen del Universo. Las observaciones de estas radiaciones -que fueron realizadas por satélites- permitieron determinar la edad del universo, su composición y también plantear nuevas hipótesis sobre su pasado y su futuro.

Brindó la charla la Dra. Silvia Mollerach, física del Centro Atómico Bariloche e investigadora del CONICET quien, sobre la base de información recopilada en los últimos años, disertó sobre el Big Bang, las teorías sobre los orígenes del Universo y lo que se conoce hoy sobre ese pasado remoto y recóndito.

Homenaje a destacado docente en el Instituto Balseiro

A partir del 24 de abril, un aula del Instituto Balseiro llevará el nombre de uno de sus primeros profesores en la carrera de Ingeniería Nuclear: el Dr. Rudi Stamm'ler, experto holandés que llegó a nuestro país a comienzos de los ochenta para dictar clases en la entonces flamante carrera de Ingeniería Nuclear del Instituto. Sus aportes profesionales y humanos lo hicieron merecedor a este reconocimiento.

Según destacan sus ex alumnos- "lo que empezó siendo una tarea remunerada en un país remoto se convirtió en una relación humana que trascendió largamente el propósito original". En palabras de ellos, Stamm'ler era "una figura con la que nos identificamos y sobre todo un ejemplo profesional. A sus profundísimos conocimientos en el área de física de reactores le agregaba un continuo deseo de compartir esos conocimientos y de poner a nuestro alcance todas y cada una de las herramientas que él mismo utilizaba diariamente. Desde el primer día vio y trató a sus alumnos como a futuros colegas". En el orden profesional y académico sus aportes son reconocidos en el mundo.

El homenaje quedó plasmado con el descubrimiento de una placa en el Aula 1 del Pabellón Guido Beck del Instituto que designa con el nombre de Rudi Stamm'ler a la misma.

Premio al Balseiro en la Feria del Libro

El 28 de abril el Instituto Balseiro recibió una distinción en la Feria del Libro. La Comisión de Educación de la muestra le otorgó una placa en reconocimiento a su trayectoria, por los 55 años que lleva formando a los mejores científicos y físicos del país. Sus egresados han dejado huella en la ciencia mundial. El sistema de enseñanza del Balseiro está basado en una estrecha convivencia entre los estudiantes y los docentes, casi todos ellos investigadores del Centro Atómico Bariloche.

El Ing. Mauricio Bisauta, Vicepresidente de la CNEA resaltó en su discurso de cierre que “hombres como Sabato...tuvieron la visión estratégica necesaria para avanzar sobre caminos desconocidos y crear espacios de desarrollo con un nivel de excelencia mundial y a su vez, tuvieron la capacidad de hacer escuela y dejar discípulos que pudieran continuar con su tarea”, añadiendo que “la Institución se enorgullece de contar en su historia con personas como Sabato, que la llenan de prestigio”.

Colación de grado del Instituto Balseiro

El 19 de mayo se realizó el acto de colación de grados del Instituto Balseiro, en el que recibieron sus títulos 16 nuevos ingenieros, 12 nucleares y 4 mecánicos. Estuvieron presentes el Secretario de Energía de la Nación, Ing. Daniel Cameron, la Presidenta de la CNEA, Lic. Norma Boero, y el Vicerrector de la Universidad Nacional de Cuyo, Dr. Kent. El Director del Instituto, Dr. José Lolich, destacó la importancia del acto y afirmó que “viene una etapa importante, ya son profesionales y ahora tienen que empezar a demostrar realmente lo que han aprendido con nosotros”.

El acto fue amenizado por las voces de un coro, los discursos de rigor y un brindis acompañado por melodías interpretadas por la "Banda Atómica" del Centro Atómico Bariloche. Juan Tuñón y Darío Pierk, flamantes ingenieros nucleares, destacaron que es "...gracias al trabajo de millones de argentinos que se financia la educación gratuita.... Si bien la educación es un derecho, una vez recibida se transforma en una obligación, en un deber, devolver sus frutos a la sociedad”.

INSTITUTO SABATO

Premian a un alumno del Instituto Sabato

Juan Eduardo Ramos Nervi, alumno del último año de la Carrera de Ingeniería en Materiales del Instituto Sabato, recibió el premio al mejor trabajo en la Sesión de “Posters” de Estudiantes, en el congreso patrocinado por la NACE (National Association of Corrosion Engineers) y el Department of the Army of the United States, celebrado entre el 3 y el 5 de febrero de 2009, en Clearwater, Florida, Estados Unidos.

El premio, que por primera vez distingue a un alumno de una Universidad no perteneciente a los Estados Unidos, fue otorgado al mejor trabajo juzgado por su contenido técnico, el uso del método científico, el impacto potencial en la comunidad de corrosionistas, originalidad del enfoque, la calidad estética del “poster” y la presentación oral por Nervi, quien también fue reconocido por la profundidad de sus conocimientos en corrosión, aspecto de fundamental importancia considerado por los jueces encargados de la evaluación.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

3er. Congreso Argentino de Arqueometría y 2das. Jornadas Nacionales para el Estudio de Bienes Culturales. Córdoba – Argentina - 22 al 25 de septiembre de 2009

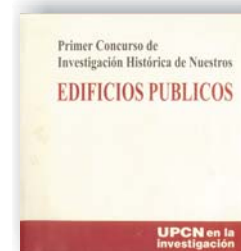
Diseño, Edición y Compaginación: Lic. Cristina A. Delfino
Impresión: Talleres Gráficos Centro Atómico Constituyentes
Buenos Aires - 2009
Rústica 21 x 29,5 cm - 145 pp



Esta publicación es consecuencia del 3er. Congreso Argentino de Arqueometría y las 2das. Jornadas Nacionales para el Estudio de Bienes Culturales, eventos celebrados en forma conjunta en la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba entre el 22 y 25 de septiembre de 2009, en razón del solapamiento existente entre sus objetivos. Investigadores y becarios de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física y de Museo de Antropología de la Universidad Nacional de Córdoba, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y de la CNEA unieron esfuerzos para la realización de la reunión, recopilando este libro los resúmenes recibidos: 113 trabajos en el Congreso Argentino de Arqueometría y 27 trabajos en las Jornadas para el Estudio de Bienes Culturales, en su mayoría procedente del país y en algunos casos del exterior. El objetivo de esta doble reunión, como así también el de esta publicación, ha sido propiciar una mayor interacción entre las comunidades académicas, permitir escuchar e intercambiar inquietudes, crear áreas de futuras investigaciones, conocer factibilidades de técnicas disponibles, definir las necesidades en materia de instalaciones, equipamiento, bibliografía, recursos humanos y métodos de investigación científica, programar convenios de cooperación y analizar la posibilidad de crear un Grupo Regional en materia de Conservación del Patrimonio.

Referencias históricas sobre la “fábrica de Córdoba” de la CNEA. Primer Concurso de Investigación Histórica de Nuestros Edificios Públicos

Carlos Roberto Astrada - Hugo Roberto Martin
Ediciones UPCN – Buenos Aires - 2005
ISBN 987-96324-9-4. - Rústica 21 x 23 cm - pp 9 a 59



Este trabajo obtuvo el primer premio del “Concurso de Investigación Histórica de Nuestros Edificios Públicos” realizado por la Secretaría de Cultura y Publicaciones de la Unión del Personal Civil de la Nación en 2005 y fue publicado junto con los otros bajos ganadores en un libro de la Colección “UPCN en la Investigación”.

Los autores efectuaron un profundo análisis histórico de las actividades de la fábrica Córdoba, ubicada en el barrio Alta Córdoba, dependiente de la CNEA. En siete capítulos se describen los antecedentes de la ciencia y tecnología nucleares; el desarrollo nuclear argentino y las actividades relacionadas con materiales naturalmente radiactivos llevadas a cabo en la provincia de Córdoba anteriores a la creación de la CNEA; el proceso de generación de la energía nuclear desde la extracción del uranio hasta su uso en los reactores; la fábrica Córdoba desde sus orígenes en la década del cincuenta; la creación de la empresa DIOXITEK S.A. y el estado actual de las instalaciones. Contiene además propuestas para la recuperación, adecuación a normas de seguridad e higiene y puesta en valor de las instalaciones y para la reinserción en la zona de la Institución.

Útil para el conocimiento histórico de las instalaciones nucleares emplazadas en la Argentina y para comprender ese “encuentro inadvertido” entre el desarrollo de la ciudad y el progreso científico tecnológico nuclear, que actualmente se manifiesta en los legítimos reclamos de los vecinos que desean habitar un barrio residencial y, simultáneamente, en los de los trabajadores de la CNEA que desean conservar sus puestos de trabajo merced a la continuidad de la presencia de la Institución en ese lugar.

EMPRESAS Y FUNDACIONES DEL SECTOR NUCLEAR ARGENTINO ASOCIADAS O VINCULADAS CON LA CNEA

COMBUSTIBLES NUCLEARES ARGENTINOS S.A. (CONUAR)

CONUAR fue creada por Decreto N° 1719/81. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde el 33,33% a la CNEA y el 66,67% restante a la empresa privada SUDACIA S.A., estando su planta de producción situada en el Centro Atómico Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Tiene como objetivo producir, a partir de la utilización de tecnología suministrada por la CNEA, elementos combustibles para el abastecimiento de las centrales nucleoelectricas y de los reactores de investigación argentinos. Su dirección es Prebistero Juan González y Aragón N° 15 - Centro Atómico Ezeiza – (B1802AYA) Ezeiza – Buenos Aires – Argentina - Teléfono: (54 – 11) 6326-1300 - Fax: (54 – 11) 6326-1490 - <http://www.conuar.com.ar>

DIOXITEK S.A.

DIOXITEK fue creada en 1996 por Decreto N° 1286/96. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde en un 99% a la CNEA y el 1% restante a la provincia de Mendoza. Su objetivo inicial fue garantizar el suministro del dióxido de uranio que se utiliza en la fabricación de los elementos combustibles para las centrales nucleares de potencia. En 2002 incorporó a su actividad la producción y comercialización de fuentes selladas de cobalto 60 para uso medicinal e industrial. Su planta de producción de dióxido de uranio se encuentra en la ciudad de Córdoba y la planta industrial de elaboración de fuentes selladas de cobalto 60 en el Centro Atómico de Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Su dirección es Avenida del Libertador 8.250 (1429) Buenos Aires – Argentina - Teléfono: (54 – 11) 4704 - 1035/1236 - Fax: (54 – 11) 4704 - 1043 - <http://www.dioxitek.com.ar>

EMPRESA NEUQUINA DE SERVICIOS DE INGENIERÍA S. E. (ENSI)

ENSI fue constituida el 21 de diciembre de 1989 entre el Gobierno del Neuquén y la CNEA. Es una sociedad del estado neuquino cuyo capital accionario corresponde en un 51% a dicho estado y un 49% a la CNEA y su sede se encuentra en la localidad de Arroyito de la citada provincia. Su objetivo principal es operar plantas químicas a escala piloto e industrial y elaborar y comercializar productos químicos. Por contrato con la CNEA se hizo cargo de la operación de la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP) situada en la citada localidad de Arroyito. ENSI, además, presta servicios de ingeniería a empresas dedicadas a la producción de petróleo, gas y energía eléctrica que operan en la región. Su dirección es Ruta Nacional 237 km. 1278 Arroyito (8313) Neuquén – Argentina - Teléfono: (54 – 299) 440706/440411/440572 - Fax: (54 – 299) 440534 – <http://www.ensi.com.ar>

FABRICA DE ALEACIONES ESPECIALES S.A. (FAE)

FAE fue creada por Decreto N° 1088/86. Es una sociedad anónima cuyo capital accionario corresponde un 32% a la CNEA y el 68% restante a la empresa CONUAR S.A., estando su planta de producción situada en el Centro Atómico Ezeiza, provincia de Buenos Aires. Tiene por objetivo la producción, a partir de la utilización de tecnología suministrada por la CNEA, de vainas y semiterminados de zircaloy 4 para la fabricación de elementos combustibles para reactores de potencia y la producción de tubos de acero inoxidable y aceros especiales de alta calidad. Su dirección es Prebistero Juan González y Aragón N° 15 - Centro Atómico Ezeiza – (B1802AYA) Ezeiza – Buenos Aires – Argentina - Teléfono: (54 – 11) 6326-1493 - Fax: (54 – 11) 6326-1496 - <http://www.fae.com.ar>

INVAP S. E.

INVAP fue creada por Decreto del Gobierno de Río Negro N° 661/76. Es una empresa de tecnología cuyo capital accionario corresponde en un 100% al estado rionegrino, estando vinculada a la CNEA mediante un acuerdo con la referida provincia. Su sede se encuentra en San Carlos de Bariloche. Su objetivo estatutario original es servir al desarrollo nuclear argentino, aunque más tarde ha extendido sus actividades a otros campos tecnológicos como el aerospacial. Se dedica principalmente al desarrollo y construcción de reactores de investigación e instalaciones nucleares de todo tipo, así como también de sistemas de aplicación médica y científica. Además, participa en el desarrollo y la construcción de satélites. Su dirección es Francisco Perito Moreno 1089 - C.C. 961 – (R8400AMU) San Carlos de Bariloche - Río Negro – Argentina - Teléfono: (54 – 2944) 445400 - Fax: (54 – 2944) 423051 - <http://www.invap.com.ar>

POLO TECNOLÓGICO CONSTITUYENTES S.A. (PTC)

El PTC fue creado por Decreto N° 894/98 y está constituido por la asociación de instituciones de desarrollo tecnológico con capacidades distintas y complementarias (CNEA, Universidad Nacional de General San Martín, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa y Servicio Geológico Minero Argentino) radicadas en el área geográfica vecina al Centro Atómico Constituyentes, provincia de Buenos Aires. La CNEA es poseedora del 20% del capital accionario. El PTC tiene por objeto prestar servicios en las áreas de la investigación y el desarrollo tecnológico cuando ellos requieran complementar las capacidades de sus integrantes. Su dirección es Parque Tecnológico Miguelete – Edificio I - Avda. General Paz (entre Constituyentes y Albarellos) (1650) - San Martín - Pcia. de Buenos Aires – Argentina - Teléfono / fax: (54 – 11) 754 – 4070 – <http://www.cnea.edu.ar/polo>

FUNDACIÓN CENTRO DE DIAGNÓSTICO NUCLEAR (FCDN)

La FCDN constituye un emprendimiento conjunto de la CNEA y la FUESMEN con el objeto de dotar al conglomerado bonaerense de un centro de última generación de diagnóstico por técnica de emisión de positrones (PET). Fue creada el 14 de diciembre de 2004 y su Centro de Diagnóstico Nuclear fue inaugurado el 23 de mayo de 2007. Su dirección es Avenida Nazca 3449 (1429) Buenos Aires – Argentina - Teléfono / fax: (54 – 11) 4566-7597 - E-mail: info@fcdn.org.ar - <http://fcdn.org.ar>

FUNDACIÓN ESCUELA DE MEDICINA NUCLEAR (FUESMEN)

La FUESMEN fue creada por convenio suscripto el 21 de diciembre de 1990 entre la CNEA, el Gobierno de Mendoza y la Universidad Nacional de Cuyo, con el objetivo de desarrollar actividades científicas, docentes y asistenciales en un marco de excelencia técnica y humana en el campo de la medicina nuclear y el radiodiagnóstico. Su dirección es Garibaldi 405 (M5500CJI) Mendoza – Argentina - Teléfono: (54 – 261) 4201615 - Fax: (54 – 261) 4203288 - E-mail: info@fuesmen.edu.ar - <http://fuesmen.edu.ar>

The background of the entire page is a historical painting depicting the Battle of Maratón. It shows a large-scale battle between the Argentine forces and the Peruvian army. In the foreground, soldiers in red uniforms are engaged in combat, with some on horseback and others on foot. There are several dead soldiers lying on the ground. In the middle ground, a large group of soldiers is gathered around a fallen horse. In the background, more soldiers are visible on a hillside, and the sky is filled with smoke and the bright flashes of gunfire. Two large trees are prominent on either side of the central battle area.

**COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA**



AV. DEL LIBERTADOR 8250
C1429BNP - C.A. DE BUENOS AIRES
REPÚBLICA ARGENTINA
TEL: (011) 4704-1215
REVISTA@CNEA.GOV.AR
WWW.CNEA.GOV.AR