

# El Ciclotrón como Fundamento de Desarrollo Científico.

José Antonio  
Sarta Fuentes.

## RESUMEN

La instalación de un Ciclotrón en Colombia, para la producción de radioisótopos emisores de positrones, utilizados en la medicina, no solo amplía, si no que complementa la investigación y las técnicas analíticas que actualmente posee el país. En este breve informe, se presenta una visión general de las distintas aplicaciones y beneficios que pueden ser cubiertos con el ciclotrón, a partir de su utilización dirigida a la investigación básica y aplicada. Es indudable el valor agregado en el área del conocimiento, que se adquiere con la adquisición y puesta en marcha de un Ciclotrón. Las aplicaciones de un Ciclotrón, y su uso específico en el campo de la medicina, escapan a los objetivos de este informe.

**Palabras Claves:** positrón, radioisótopo, ciclotrón, fusión nuclear.

## THE CYCLOTRON, LIKE SUPPORT FOR SCIENTIFIC DEVELOPMENT

### ABSTRACT

Installation of a cyclotron in Colombia, in order to produce radioisotopes which yield positrons, can be used in medicine, research and analytical techniques which are actually being utilized in Colombia. This paper shows a general review of different methods and some beneficials which can be carried out with a cyclotron in basic and applied researcher. Once the cyclotron will be acquired and commissioned the knowledge related to different areas will be complemented and improved. Applications related to medicine have not been taken into account.

**Key words:** positron, radioisotope, cyclotron, nuclear fusion.

### INTRODUCCIÓN

Los distintos proyectos de investigación básica y aplicada, que pueden ser generados en el Ciclotrón,

surgen de los distintos procesos y componentes que intervienen en la operación del Ciclotrón. En su funcionamiento, el Ciclotrón cuenta con una infraestructura técnica altamente desarrollada, la cual involucra distintos procesos que inicialmente son susceptibles de ser estudiados, y posteriormente implementados o modificados mediante pequeños proyectos de investigación. A lo largo del documento se describen brevemente, cuales son los aspectos técnicos que de una u otra forma están involucradas en las distintas fases de funcionamiento del Ciclotrón, y a la vez, se mencionan las distintas posibilidades o campos de aplicabilidad en el área de la investigación, que eventualmente podrían ser desarrolladas.

La investigación básica o aplicada que puede surgir del Ciclotrón, se encuentran limitadas por las condiciones técnicas propias de la máquina, y por las políticas de desarrollo científico que posea la entidad donde finalmente va a ser instalado el Ciclotrón. El establecimiento de un programa de investigación y desarrollo alrededor del ciclotrón, demanda erogaciones adicionales, y esfuerzos humanos multidisciplinarios que permitan optimizar y racionalizar el uso del ciclotrón.

### ACELERADOR

#### Radiación de Ciclotrón.

La operación del ciclotrón, necesariamente considera la radiación electromagnética de partículas cargadas que han sido aceleradas a muy altas energías. El tema de la generación de la radiación electromagnética, ocupa un lugar importante en la formación de los Ingenieros Electrónicos, ya que resulta ser la base de la producción de las ondas electromagnéticas, las cuales constituyen el medio fundamental utilizado en las comunicaciones. Innumerables estudios e

Los distintos proyectos de investigación básica y aplicada, que pueden ser generados en el Ciclotrón, surgen de los distintos procesos y componentes que intervienen en la operación.

investigaciones relacionadas con la emisión de la radiaciones electromagnéticas emitidas por las partículas aceleradas en el ciclotrón pueden llegar a ser adelantadas.

#### **Instrumentación.**

En el funcionamiento del Ciclotrón se incorporan una gran cantidad de procesos que involucran generación, manejo y procesamiento de señales electrónicas, que necesariamente requieren el concurso de Ingenieros electrónicos calificados, que permitan caracterizar, calibrar y realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas electrónicos incorporados en el Ciclotrón. El diseño de nuevos sistemas que permitan optimizar los procesos y garantizar una adecuada adaptación de ésta alta tecnología al medio, requieren de proyectos de investigación que deben ser adelantados en esta área.

## **HAZ DE PROTONES**

El haz de protones altamente energético proveniente del acelerador, permite la aplicación de diversas técnicas de análisis, las cuales son de uso frecuente en centros de investigación que disponen de un haz de protones similares a las consideradas en el Ciclotrón. Las técnicas que usualmente se emplean, a partir de un haz de protones, son el Rutherford Back Scatter RBS, Spectrometry Ions of Mass Secondary SIMS, and Proton Ion X-ray Emission PIXE, entre otras, cuyas aplicaciones son de uso múltiple [1].

Además de las técnicas analíticas mencionadas anteriormente, el haz de protones puede ser utilizado para la medición de secciones eficaces de las distintas reacciones que deseen ser estudiadas, con el fin de verificar modelos teóricos, confrontar mediciones ya realizadas, o proponer nuevas alternativas de desarrollo en el uso del Ciclotrón, basados en proyectos previos de investigación [2].

## **REACCION 18 O (p, n ) 18 F.**

La reacción de fusión nuclear realizada entre protones acelerados en el Ciclotrón, y el Oxígeno que sirve de blanco, permiten obtener el Flúor, el cual emite positrones, los cuales debidamente utilizados pueden ser empleados en pacientes para diagnóstico clínico.

Dentro de este proceso de producción del Flúor, son muchos los procesos de interés, que se encuentran presentes en la reacción nuclear, y que merecen su estudio, tales como los parámetros de operación que influyen en la reacción nuclear, así como las características de salida de los agentes que intervienen en la reacción. Lo anterior va a redundar, entre otros, en un mejor conocimiento del proceso mismo de la reacción nuclear, con el fin de garantizar un excelente producto a los pacientes.

Los neutrones generados en la reacción (p, n), debidamente caracterizados, pueden ser empleados en diferentes aplicaciones, las cuales cubre disciplinas tan diversas como la Metalurgia, la Química, la Biología, la Física, la Geología, la Mineralogía, etc. La característica especial de los neutrones n, al interactuar con muestras materiales, a través de la emisión de radiación gamma, mediante la reacción de procesos (n ,  $\gamma$  ), hace posible esta amplia gama de aplicaciones [3, 4, 5].

A través del análisis detallado de la radiación g, proveniente de la interacción del neutrón, se pueden analizar, estudiar, e investigar propiedades de muestras de diferentes naturaleza. La energía del neutrón y los flujos neutrónicos disponibles en el Ciclotrón, permiten obtener, mediante la medición de señales electrónicas, una adecuada información relacionada con el tema específico que se desea estudiar.

Algunos de los temas posibles de estudio, investigación o aplicación, que pueden ser adelantados con los neutrones producidos en el Ciclotrón son: determinación de propiedades físicas y mecánicas de metales y aleaciones, análisis de productos químicos en la industria, determinación de concentraciones de diversos elementos en muestras biológicas que influyen en el metabolismo de los seres humanos, los animales y las plantas, determinación de contenidos de proteínas en vegetales, evaluación de la presencia de los distintos elementos presentes en muestras de tierra, determinación de trazas de elementos en petróleos crudos y en el carbón, investigaciones relacionadas con interacción de los neutrones con la materia y su conexión con los parámetros asociados a los materiales tales como coeficientes de difusión, desplazamiento de secciones eficaces, liberación de

Dentro de este proceso de producción del Flúor, son muchos los procesos de interés, que se encuentran presentes en la reacción nuclear, y que merecen su estudio.

partículas, tasas de daños eléctrico y de magnetoresistividad [6,7].

Los estudios, investigaciones y aplicaciones que pueden ser derivados a partir de los positrones obtenidos en la desintegración de  $^{18}\text{F}$ , en la reacción  $^{18}\text{O} (p, n) ^{18}\text{F}$ , también es un potencial que puede ser utilizado en el ciclotrón, una vez sean debidamente estudiadas las características de interacción de los positrones con distintos medios materiales y se establezcan las bondades de los positrones en cada una de las aplicaciones.

## RADIOISOTOPOS.

El  $^{18}\text{F}$ , generado en el Ciclotrón, a partir de la reacción  $^{18}\text{O} (p, n) ^{18}\text{F}$ , es un emisor de positrones con una vida media de 1.87 hr. El  $^{18}\text{F}$ , debidamente preparado ser empleado como radioisótopo, con usos tan diversos como, la industria, la hidrología, la radiofarmacia, el medio ambiente, la medicina, la agricultura, la zootecnia, y la radioquímica entre otros [8, 9, 10].

Temas posibles de estudio investigación o aplicación, que pueden ser adelantados con el  $^{18}\text{F}$  generado en el Ciclotrón son: determinación de caudales, de tiempos de tránsito, transporte de sedimentos, tiempos de residencia, y dispersión de fluidos en procesos industriales o sistemas que involucren el medio ambiente, detección de filtraciones indeseadas de sustancias, gases y fluidos, diseños y construcción de indicadores de nivel de líquidos y sólidos en recipientes de tratamiento, optimización del uso de fertilizantes e investigación de la efectividad de los mismos, determinación de tiempos de llenados de recipientes de uso industrial, recuperación secundaria de pozos petroleros, mediciones de inventario de catalizadores en plantas de ruptura catalítica, mediciones de rapidez y eficiencia en la mezcla de lubricantes [11, 12].

## ENSEÑANZA

Cursos regulares, seminarios, prácticas de laboratorios, y otra serie de actividades relacionadas con la docencia, pueden ser establecidas alrededor del ciclotrón. Áreas como la instrumentación, la radioquímica, la física, Biología, la Farmacia, la medicina, y la protección física [13] y radiológica entre otras, se verían complementadas con el

ciclotrón.

## CONCLUSIONES

La adquisición e instalación de un ciclotrón en el país, podría beneficiar a la comunidad científica, al igual que al sector médico e industrial, a través de los diversos desarrollos técnico-científicos que pueden ser adelantados con una infraestructura de esta naturaleza.

## REFERENCIAS

- [1] Sarta, J.A. *Acelerador Lineal de Iones (ALI-200) en el Instituto de Asuntos Nucleares. Nucleares Ener-Jun., 1987, Santafé de Bogotá, Colombia.*
- [2] Sarta, J. A. *Diseño y Construcción de un Selector Esférico de Energías. Universidad Nacional. Noviembre, 1983, Santafé de Bogotá, Colombia.*
- [3] *Radioisotopic Tracer in Industry and Geophysics, IAEA Wien 1967.*
- [4] C.H. Wang, D.L. Willis, W.D. Loveland. *Radiotracer Methodology in the Biological, Environmental and Physical Sciences, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1975.*
- [5] H.J.M. Bowen. *Chemical Applications of Radioisotopes, Methen, London 1969.*
- [6] E.A. Evans, M. Muramtsu. *Radiotracer Techniques and Applications. Vol 1-2, Dekker, New York 1969.*
- [7] H. R. Schütte. *Radioaktive Isotope in der Organischen Chemie und Biochemie, Chemie, Weinheim 1966.*
- [8] K. Schmeser. *Radioactive Isotope ihre Herstellung und Anwendung, Springer, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1957.*
- [9] H. Piraux. *Radioisotope und ihre Anwendung in der Industrie, Philips Technische Bibliothek, 1965.*
- [10] L.G.Erwall, H.G. Forsberg, K. Ljunggren. *Radioaktive Isotope in der Technik, Vieweg, Braunschweig, 1965.*
- [11] E. Broda, Th. Schönfeld. *Die Technischen Anwendungen der Radioaktivität, VEB Verlag f. Grundstoffindustrie, Leipzig 1962.*
- [12] E. Broda. *Radioaktive Isotope in der Biochemie, Deuticke, Wien 1958.*
- [13] Sarta J.A., *Enhancement of Physical Security at the IAN-R1 Research Reactor. IAEA-CN-68/56. Vienna Austria, Nov. 1997.*

---

### José Antonio Sarta Fuentes

Físico U. Nacional de Colombia. Investigador Científico durante quince años en el Instituto de Asuntos Nucleares (IAN), e Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA). Investigaciones adelantadas en: General Atomics, California (Estados Unidos). Atominstut der Oesterreichischen Universitaeten, Vienna (Austria). Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), México. Comisión Chilena Nuclear, Chile. Profesor Investigador Facultad de Ingeniería Universidad Distrital