

Instalación para la producción de radioisótopos con ciclotrón.

07. 87. 12

Installation for production of radioisotopes with cyclotron

Proximately, at the Ezeiza Atomic Center, it's will bring about the installation of a cyclotron of variable energy; it's able to accelerate the neutrons to 40MeV with currents of 100mA about.

This fact performs, at first, the purpose to attend the inner market (110 gamma camera and 2 SPECT) for radionuclides as Gallium-67, Talium-201, Indium-111, Iodine-123 and generators of Rubidium-81 / Krypton-81 m.

At a second stage it's in reserve the production's project of radionuclides emitting of positrons, specially Fluor-18 and its compounds.

Installation of cyclotron for produce faulty of radionuclides neutrons —imported at this moment for nuclear medicine— and others with a very short time of half-disintegration, it's a search for a self-sufficiently at this matter about.

La CNEA ha provisto a nuestro país, desde los años 60, de radioisótopos para su aplicación en Medicina Nuclear, investigación, industria y actividades agropecuarias, realizando dicha producción por medio de reactores nucleares. Desde 1954 hasta 1971 se llevó a cabo una pequeña producción por medio de un sincrociclotrón, además de diversos estudios sobre nuevos radionucleidos y sus radiaciones emitidas.

Actualmente, se encuentra con un amplio sistema de distribución de material radiactivo desde el CAE, a nivel nacional y aún se exporta a países limítro-

fos. Pero a fin de tender hacia la autosuficiencia, se hace necesaria la instalación de un ciclotrón para la producción de radionucleidos deficientes en neutrones que, a la fecha, deben ser importados para su empleo en Medicina Nuclear y de otros radionucleidos de períodos de semidesintegración demasiado cortos para ser importados y que sólo pueden ser obtenidos a través de su producción local con un ciclotrón.

El proyecto se puso en marcha en 1985, aunque era una aspiración nuestra desde que en 1973 se dejó de contar con el sincrociclotrón para estos fines.

La FIGURA 1 da idea del cre-

ciente interés en el mundo en la instalación de ciclotrones.

En la primera curva, se ve el número de ciclotrones dedicados a la producción de radioisótopos emisores de positrones de período corto, que deben ser usados en el lugar. En la segunda curva, aparece la cantidad creciente de ciclotrones dedicados a la producción de radioisótopos deficientes en neutrones, en centros productores que distribuyen el material radiactivo en vastas áreas de influencia.

— ACELERADOR:

Entre los aceleradores comercialmente disponibles para esta producción que acelera protones

tomática al tiempo que se produzcan los cambios o modificaciones al diseño.

7. CONCLUSIONES:

La edad de una central nuclear tiene por efecto un aumento de la tasa de falla de los componentes y una disminución de la confiabilidad debido a la degradación de los materiales y las estructuras. El personal de operación, los documentos y los sistemas de control son parte de esa estructura que se degrada con el tiempo y es conveniente que los programas correctivos incluyan acciones en las cuatro áreas de interés para la seguridad.

Finalmente, se mencionan como ejemplo de este criterio las áreas en las que se han efectuado requerimientos regulatorios a la Central Nuclear de Atucha I:

ÁREAS DE ACCIÓN REGULADORA EN ATUCHA I

HARDWARE

- Monitoraje del recipiente de presión mediante inspección en servicio y análisis de probetas.
- Monitoraje del comportamiento de los cables que están sometidos a irradiación y temperatura elevada.
- Análisis post-mortem de componentes utilizados, para evaluar el proceso de degradación.

- Revisión de la experiencia operativa de centrales semejantes.

SOFTWARE

- Revisión del Informe de Seguridad utilizando las herramientas de cálculo actuales.
- Revisión de los Programas de Inspección en Servicio, Pruebas Repetitivas, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo, en base a la experiencia operativa local y externa.

FACTOR HUMANO

- Refuerzo del reentrenamiento en la aplicación de procedimientos para situaciones anormales (1 mes por año).
- Entrenamiento del personal en la importancia del respeto de los procedimientos establecidos.

GARANTIA DE CALIDAD

- Control del uso de repuestos para evitar modificaciones al diseño, en especial en juntas y cables.
- Verificación del cumplimiento estricto de las condiciones y límites de operación.
- Análisis independiente de las causas profundas que originan los incidentes y las acciones correctivas necesarias.

Referencias

- (1) D. BENINSON, B. LINDELL, "Critical Views on the Application of Some Methods for Evaluation of Accident Probabilities and Consequences", (Stockholm, 1980, IAA Int. Conf.) CN-39/10.2.
- (2) USNRC, NUREG - 0585 "TMI-2 Lessons Learned Task Force Final Report", (August, 1979).
- (3) KEMENY, J.G., et al, "Report of the President's Commission on TMI, The Need for Change", (Oct., 1979).
- (4) DEUTSCHE RISIKOSTUDIE KERNKRAFTWERKE, B.M.F.T., Verlag Tuv Rheinland, (1979). (also A. BIRKHOFFER - IAEA-CN-39/6.5).
- (5) B. THOMAS, "Analysis of Safety Significant Events Team", (ASSET) IAEA DOL 5417, (May 1986 - Rev. 2).
- (6) A. CLEVELAND, R. RENUART, "Configuration Control Improves Nuclear Plant Engineering, Operations Power Engineering", Rev. March 87-P 19.
- (7) H.J. DUNSTER, "Some Reactions to the Accident at TMI", (Nucl. Energy, 1980, June N° 3, 139-146).
- (8) B. THOMAS, "Les Arrêts de Production Improvis du Parc Rep Français", IAEA-SM-274/4.
- (9) SYMPOSIUM ON OPERATIONAL SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS - Marseilles 2-6 May 1983.
- (10) IAEA INCIDENT REPORTING SYSTEM (Reports 1984/85/86).



ARGATOM

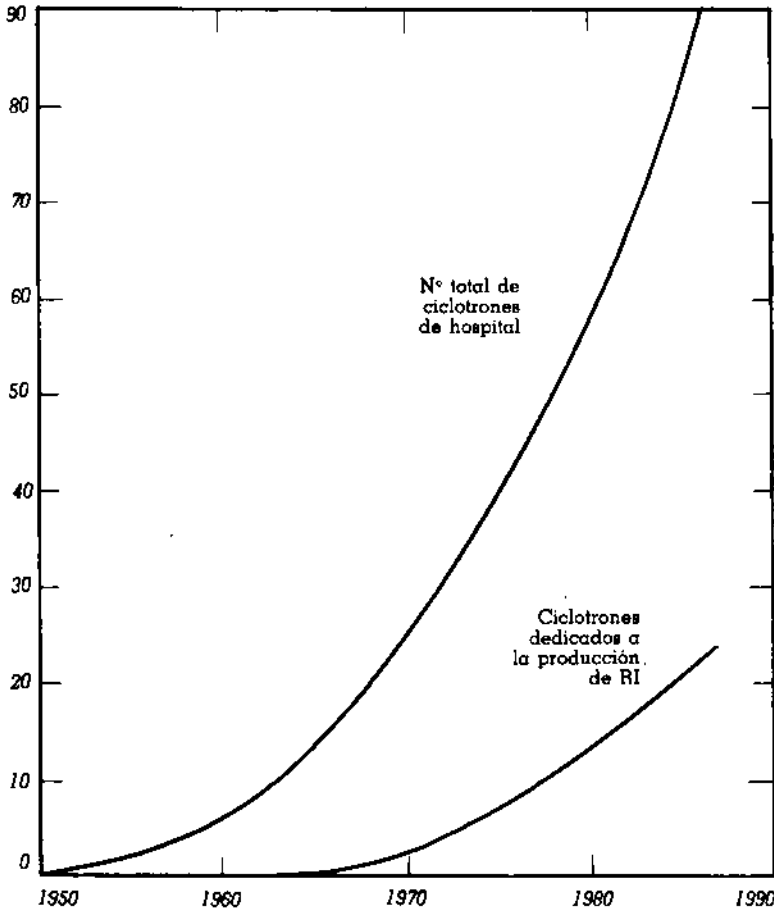
INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S. A.

Tecnología Nuclear

Av. Leandro N. Alem 1180 - Piso 2° - (1001) - Capital Federal - Argentina - Tel.: 313-4085/4088 - 311-0782

Fig. 1

CRECIMIENTO EN EL NUMERO DE CICLOTRONES DE USO MEDICO



a energías máximas de 30, 40 y 90 MeV, la CNEA ha seleccionado un ciclotrón de 40 MeV, dado que los de 30 MeV no poseen suficiente energía para la producción de todos los radionucleídos previstos, mientras que los de arriba de 70 MeV, aunque permiten otras posibilidades de desarrollo e investigación, son máquinas más complejas, que requieren mayor cantidad de personal para su operación y mayor consumo de energía, siendo así una elección mucho más costosa. Para la adquisición del ciclotrón y sus periféricos, se realizó una licitación internacional, seleccionándose finalmente un ciclotrón isócrono, de energía variable

que acelera H- hasta 42 MeV, con una intensidad de haz externo de 100uA. Se trata de un CP-42 modificado e instalado con tecnología del KFK.

Se prefirió el modelo que acelera iones negativos por las siguientes razones:

- 1) Extracción por medio de un stripper constituido por finas láminas de grafito que retienen los electrones, dejando el protón desnudo con su carga positiva. El cambio de carga que se produce modifica el sentido de giro de la partícula acelerada, permitiendo una eficiencia de extracción de aproximadamente 100%.
- 2) Permite extraer haz en varias

direcciones y aún simultáneamente.

- 3) La variación de la energía se consigue fácilmente, modificando la posición radial de los strippers.

— INSTALACION:

La instalación, compuesta por el ciclotrón con su infraestructura de servicio y la planta de producción anexa, estará ubicada en el Centro Atómico Ezeiza, frente a la actual Planta de Producción de Radioisótopos con el reactor RA-3.

Ha sido diseñada tomando en cuenta los requerimientos necesarios para cumplir con la producción estimada, como también los aspectos relativos a la Protección Radiológica para su operación en condiciones de seguridad.

Se trata de una instalación relevante, la cual deberá ser licenciada antes de su entrada en operación. La facilidad comprendería, de acuerdo con los requerimientos de seguridad, 3 áreas: LIBRE, SUPERVISADA y CONTROLADA.

Desde el punto de vista de la distribución, estaría dividida en las siguientes zonas:

1. ZONA CICLOTRON

- a. Sala del ciclotrón y salas de irradiación.
- b. Salas de: tratamiento de agua, potencia, control de operación.
- c. Talleres de: mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico y de blanco.
- d. Depósito y oficinas.

2. ZONA PROCESOS Y CONTROL DE CALIDAD

- e. Sala de celdas calientes.
- f. Laboratorios de control de calidad, de preparación de materiales y de desarrollo.
- g. Oficinas de personal, procesos, control de calidad, mantenimiento y seguridad.

ESQUEMA DE EXTRACCION DEL HAZ

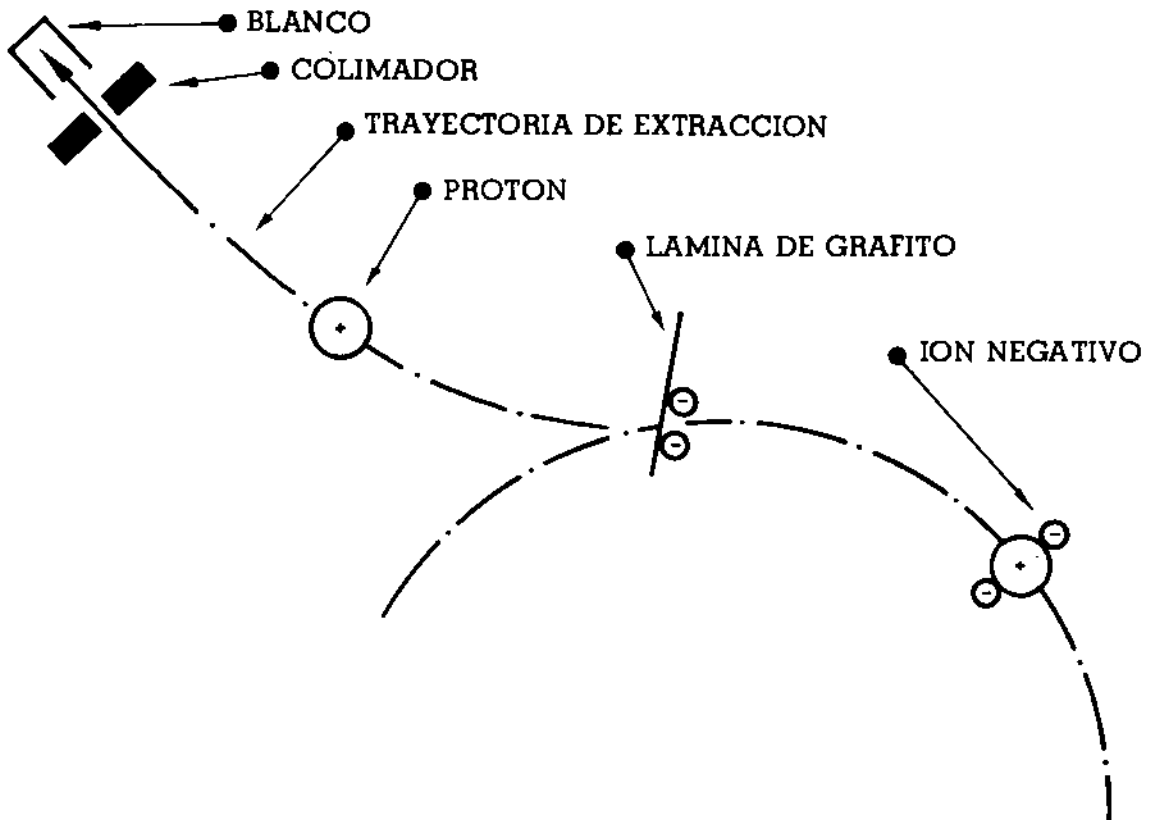


Fig. 2

h. Depósito, salas de embalaje y despacho, lavado de ropa y de contaminación de materiales.

3. ZONA SERVICIOS GENERALES

i. Sala de filtros, calderas, ventilación y aire acondicionado, vestuarios.

4. ZONA ADMINISTRATIVA

j. Oficinas, sala de conferencias, biblioteca, cafetería.

5. ZONA FUTURA EXPANSION

k. Sala de tomógrafo y sala de control y recepción de pacientes.

l. Sala de irradiación a 180°.

m. Laboratorio de procesos: producción y marcación de compuestos para diagnóstico por positrones.

Actualmente, aquellos radionucleídos producidos por ciclotrón con períodos de semidesintegración mayor que 2 días son importados (caso Galio-67; Talio-201; Indio-111), mientras que los que poseen períodos de semidesintegración menores, no pueden ser importados (Iodo-123 y generadores Rubidio-81 → Kriptón-81m). En el caso del Talio-201, la CNEA importa una cantidad total, fraccionando localmente.

Con la instalación del ciclotrón se pretende, en una primera etapa, cubrir los requerimientos del

mercado interno para los radionucleídos antes mencionados, generando saldos exportables a países vecinos para alguno de ellos.

La demanda anual estimada se muestra en la tercera columna de la TABLA 1.

Se ha tenido en cuenta que nuestro país posee aproximadamente 100 cámaras gamma, 2 SPECT* y está en proceso de construcción local e instalación un PET**. En cuanto al Iodo-123, el mismo reemplazaría parcialmente al Iodo-131 para propósitos de diagnóstico, dado que permite obtener mayor resolución de imagen y contribuye a una menor exposición a la radiación al paciente.

También se ha previsto, en un futuro, la producción de otros radionucleídos tales como Cobalto-57; Germanio-68 → Galio-68, además de servicios de irradiación y otras aplicaciones técnicas. En el caso del generador Rubidio-81 → Kriptón-81m, se calculó una producción en base al mercado estadístico en USA (un promedio de 4 generadores semanales).

En el futuro, la instalación de PETs permitirá el uso de emisores de positrones para propósito de diagnóstico, especialmente de Fluor-18 y sus compuestos marcados: (^{18}F ; ^{18}F). En el caso del Fluor-18, la CNEA lo produjo por reactor para investigaciones durante 1973-74.

* SPECT: tomografía de emi-

sión de fotón único.

** PET: tomógrafo por emisión de positrones.

Estos radiofármacos pueden ser producidos en nuestra Planta de Producción y entregados a centros PET en el área de Buenos Aires. Para cumplir la producción mencionada se han considerado 50 semanas de trabajo por año. El programa de irradiación semanal permitirá tiempo para experimentos, pruebas de blancos, investigación y desarrollo y eventualmente para la producción de radionucleídos de corto período de semidesintegración.

Además, la facilidad de producción está proyectada para que en una futura expansión pueda construirse una sala de irradia-

ción para la producción de radionucleídos emisores de positrones, de períodos de semidesintegración cortos y ultracortos (^{18}F ; ^{11}C , ^{13}N y ^{15}O) y su empleo "in situ" mediante la instalación de un PET.

En la TABLA 2 pueden observarse los radionucleídos a ser producidos, como así también las reacciones nucleares seleccionadas:

En cuanto a la organización del proyecto en prestación de servicios, el mismo estará conformado de acuerdo con la FIGURA 4.

La construcción de la facilidad, el montaje del acelerador, el desarrollo de blancos, la construcción de celdas calientes, el laboratorio de procesos y la puesta en

Fig. 3

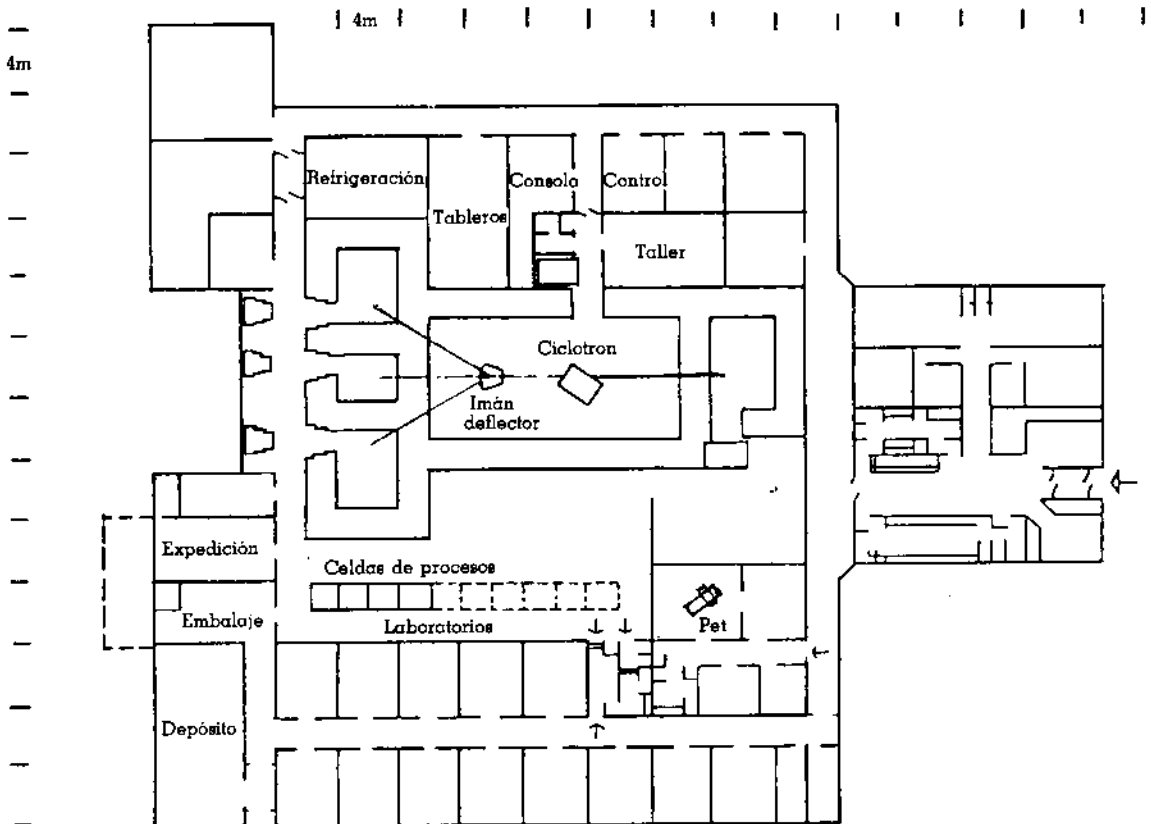


TABLA I

operación a nivel productivo, demandará un tiempo aproximado de 40 meses. Durante este tiempo, se capacitará personal en la operación y mantenimiento del acelerador, mientras que por otro lado se espera utilizar el acelerador TANDAR (tanden 30 MeV y 1uA) para capacitar personal en el desarrollo de blancos, prácticas de irradiación y puesta a punto de procesos a nivel de trazador.

| RADIONUCLEIDO | T-12 | DEMANDA ANUAL (estimada-Ci) |
|---------------|---------------|-----------------------------|
| F-18 | 110 min | 1,8 |
| Co-57 | 270 días | 0,3 |
| Ga-67 | 78,3 horas | 10 |
| Rb-81 Kr-81 m | 4,58 h/13 seq | 4 |
| In-111 | 67,2 horas | 3 |
| I-123 | 13,2 horas | 26 |
| Tl-201 | 73,5 horas | 20 |

TABLA II

| RADIONUCLEIDO | REACCION | ENERGIA (MeV) |
|-----------------------------|---|---------------|
| F-18 | $^{18}\text{O} (p,n) ^{18}\text{F}$ | 16 |
| Co-57 | $^{68}\text{Ni} (p,2n) ^{67}\text{Cu} \rightarrow ^{67}\text{Ni} \rightarrow ^{67}\text{Co}$ | 27 |
| Rb-81 \rightarrow Kr-81 m | $^{82}\text{Kr} (p,2n) ^{81}\text{Rt}$ | 32 |
| In-111 | $^{112}\text{Cd} (p,2n) ^{111}\text{In}$ | 26-18 |
| I-123 | $^{124}\text{Xe} (p,2n) ^{123}\text{Cs} \rightarrow ^{123}\text{Xe} \rightarrow ^{123}\text{I}$ | 28 |
| Tl-201 | $^{203}\text{Tl} (p,3n) ^{201}\text{Pb} \rightarrow ^{201}\text{Tl}$ | 28-21 |
| Ga-67 | $^{68}\text{Zn} (p,2n) ^{67}\text{Ga}$ | 26-18 |

Fig. 4

