



Resonador termostatzado de ondas acústicas de superficie. Cortesía de Thomson - CSF.

Revista Mensual

**ESTO ES**

**Tecnología y Modernización**

Año 1 - Nº 2

AGOSTO DE 1981

**Editor Responsable:**

Dr. Tulio Jacovella

**Directores:**

Licenciado Nicanor M. Saleño

Profesor Bruno Jacovella

**Asesores:**

Licenciado José Pagés

Ing. agrónomo Arturo Alvarez

Licenciado Omar Amer

ESTO ES TECNOLOGÍA Y MODERNIZACIÓN es una publicación mensual editada por la Fundación AMAUTA; Presidente Dr. Tulio Jacovella. San Martín 439, 1er. piso. Teléfonos: 394-3718, 5564, 3975 y 6829. Registro de la Propiedad Intelectual Nº 110.680. Suscripción anual, \$ 120.000. Exterior, u\$s 20. Distribuidor en Capital Federal y Gran Buenos Aires: Troisi y Vaccaro.

Interior y exterior: solicitar en librerías.

Impresa en Mercatali SACIFI.

C. N. E. A. Biblioteca

ARCHIVO PUBLICACIONES

Nº

1

AÑO

1981

## SUMARIO

¿Continuará el agro en el mismo tiempo de ayer?  
*Por Omar Amer.* 5

Proyecto TANDAR: la Argentina en el plano superior del uso atómico civil. *Por Omar Bernaola* 8

Cuenca del Plata - Necesidad del desarrollo portuario.  
*Por el cap. de navío (R) Ing. Tristán D. H. de Villalobos.* 14

Aportes para la formulación de políticas científico-tecnológicas. *Por José Pagés* 22

La decadencia industrial y las posibilidades de una re-industrialización en los Estados Unidos. *Por Jacques Barraux* 27

Transicionalidad y Tercer Milenio. *Por Nicanor M. Saleño* 31

El mundo electrónico del futuro. *Por Erik Barnouw* 32

Una nueva fuente energética: la energía informática.  
*Por Alfredo J. C. Carella y Luis F. Calviño* 37

Cuyo: de la economía vitivinícola a la economía agro-industrial integrada. *Por Orlando Molina Cabrera* 44

Acelerado y constante progreso en el transporte a "colchón de aire". *Por Jorge M. Agromayor* 50

La cultura de los hombres cultos y la de todos los hombres. *Por Bruno C. Jacovella* 53

Correo Argentino Central	Franqueo Pagado Conces. 5.669
	Tarifa Reducida Conces. 4.690

ROGAMOS AUSELAR RECIBO

# Proyecto TANDAR: la Argentina en el plano superior del uso atómico civil

C. N. E. A. Biblioteca

ARCHIVO PUBLICACIONES

Nº

1

AÑO

1981

El proyecto TANDAR representa uno de los mayores esfuerzos realizados por la República Argentina en el fortalecimiento de la investigación básica y un verdadero reto para el Departamento de Física de la Comisión Nacional de Energía Atómica, pues una vez concretado funcionará en permanente comunicación con los principales centros similares del mundo

D.A.

por Omar Bernaola

En el límite de la Capital Federal con la provincia de Buenos Aires, a pocos metros de la intersección de las avenidas de los Constituyentes y General Paz, se puede observar un nuevo grupo de edificaciones entre las instalaciones del INTI y del Centro Atómico Constituyentes. Se destaca particularmente una gran construcción en torre, de cemento y sin ventanas. Se trata del edificio principal del proyecto TANDAR de la CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica).

El proyecto TANDAR (Tandem Argentino) se encuentra actualmente en plena ejecución y forma parte de un plan general de desarrollo y fortalecimiento de las Ciencias Nucleares. Este proyecto, en particular, ha implicado uno de los esfuerzos mayores realizado por la República Argentina en toda su historia para un plan de investigaciones básicas y representa un notable reto al futuro por parte de los investigadores del Departamento de Física de la CNEA.

## Antecedentes del proyecto

Los antecedentes de dicho proyecto están íntimamente relacionados con el desarrollo histórico del Departamento de Física que dicha institución posee en su sede central en la ciudad de Buenos Aires.

La CNEA fue creada en 1950, y en realidad para esa fecha el Departamento de Física no existía como una dependencia bien diferenciada

dentro de la institución. Sin embargo, un grupo importante de científicos incorporados entre 1950 y 1951 ya trabajaban en el campo de las Ciencias Nucleares.

Al irse contando con una infraestructura más adecuada, comienzan a tomar importancia los trabajos que más adelante justificarían la creación del Departamento de Física. Ya para 1952 se cuenta con un acelerador de partículas tipo Cockroft Walton de 1,2 MV; pero el evento más importante se produce en 1954, cuando se inaugura el Sincrociclotrón Philips de 180 cm., que permite acelerar deuterones hasta 28 MeV y partículas alfa hasta 56 MeV. Para esa fecha se cuenta también con espectrómetros magnéticos y un Calutrón, y esto permite dar un impulso al área de Física Nuclear Experimental. Inicialmente, la finalidad del Sincrociclotrón era la irradiación de blancos internos y la producción de radioisótopos, con lo que los investigadores estudian y concretan la posibilidad de irradiaciones externas; así se obtiene en 1957 la extracción del haz para la realización de trabajos de investigación. Esto permitió el descubrimiento de varios nuevos nucleidos y la comprobación de la existencia del diprotón.

En 1966, nace el Proyecto IALE (Isótopos Alejados de la Línea de Estabilidad) y también se construye y pone en operación un separador de isótopos en línea, utilizando el acelerador Cockroft Walton como generador de neutrones para la fuente de productos de fisión.

También en 1966 se comienzan a discutir nuevas ideas en torno de la adquisición de nuevos equipos y ampliación de infraestructura. Para esta fecha ya se tienen en marcha los trabajos para la nueva extracción magnética del haz del Sincrociclotrón y se aprovecha la oportunidad para introducir mejoras en el campo magnético y la radiofrecuencia de dicho acelerador.

En 1970 surge la idea de convertir el Sincrociclotrón en un ciclotrón isócrono, pero el proyecto no llega a concretarse. Sin embargo, en forma similar al Proyecto Apache de Oak Ridge en EE.UU., estas ideas se siguen discutiendo y llevan al grupo de Física Nuclear a presentar un estudio de factibilidad en 1975 para considerar la adquisición de un acelerador tipo Tandem.

Mientras tanto, el Departamento de Física es revitalizado mediante la formación de un activo grupo de Física Teórica. La interacción entre teóricos y experimentales ha resultado bastante fructífera, y una prueba de ello es el laborioso trabajo sobre reacciones ( $d^2$ , Li) realizado con el Sincrociclotrón.

En 1973, se incorporan nuevos físicos y se inicia un programa de reacciones ( $\alpha$ , xn) con el Sincrociclotrón, el cual permite, además de la obtención de resultados de interés, fortalecer los trabajos en colaboración con instituciones extranjeras.

En 1976, se obtiene la aprobación para la propuesta de adquisición de un acelerador tipo Tandem para iones pesados. Se realizan discusiones

nes preliminares con las empresas High Voltage Corporation y National Electrostatics Corporation (NEC) de EE.UU. En 1977, se decide la compra a la NEC de un Acelerador Pelletron de 20 UD, y se inicia la construcción del mismo el 1º de diciembre de ese año. El tiempo previsto para la construcción se estimó en 32 meses, el de embarque en 3 y el de montaje y pruebas en 15, por lo que se espera su operatividad para 1982.

Los planes de investigación del Departamento de Física de la CNEA para los próximos años estarán fuertemente condicionados a la adquisición de esta máquina, la cual demandará un notable esfuerzo a la vez que una revitalización del grupo de investigadores en el área de Física Nuclear. No sólo el Departamento de Física, con sus grupos de Física Nuclear, Estado Sólido y Física Teórica, necesitarán condicionar sus planes al nuevo acelerador sino que departamentos tales como Reactores, Radiobiología y Proyectos Especiales pueden presentar un creciente interés en la utilización efectiva del acelerador. Simultáneamente, deberá ampliarse notablemente el grupo de investigadores del Departamento de Física, para una utilización eficiente

del nuevo acelerador.

La labor del Departamento de Física, en todos estos años, ha cubierto gran variedad de temas, no sólo en su interés fundamental de investigación aplicada y en el generalmente poco publicitado campo de generación de infraestructura de apoyo (micro-mecánica, electrónica, computación, seguridad radiológica, etc.), sin el cual resultarían imposibles las realizaciones logradas en los proyectos de Física Nuclear.

En el transcurso de su corta historia, el Departamento de Física ha trabajado en temas tales como reacciones de transferencia, espectroscopia gamma mediante reacciones ( $\alpha$ , xn) y reacciones similares, estudios en línea de fragmentos de fisión, momentos magnéticos de estados excitados, interacciones hiperfinas, estructuras nucleares, reacciones nucleares, física nuclear aplicada, estudios de decaimientos radiactivos, espectroscopía vibracional, estructuras de cristales y transformaciones de fases, espectroscopia Mössbauer, física teórica del estado sólido, estudios teóricos y experimentales sobre aprovechamiento de energía solar y eólica, electrónica aplicada, computación y desarrollo de aceleradores de partículas.

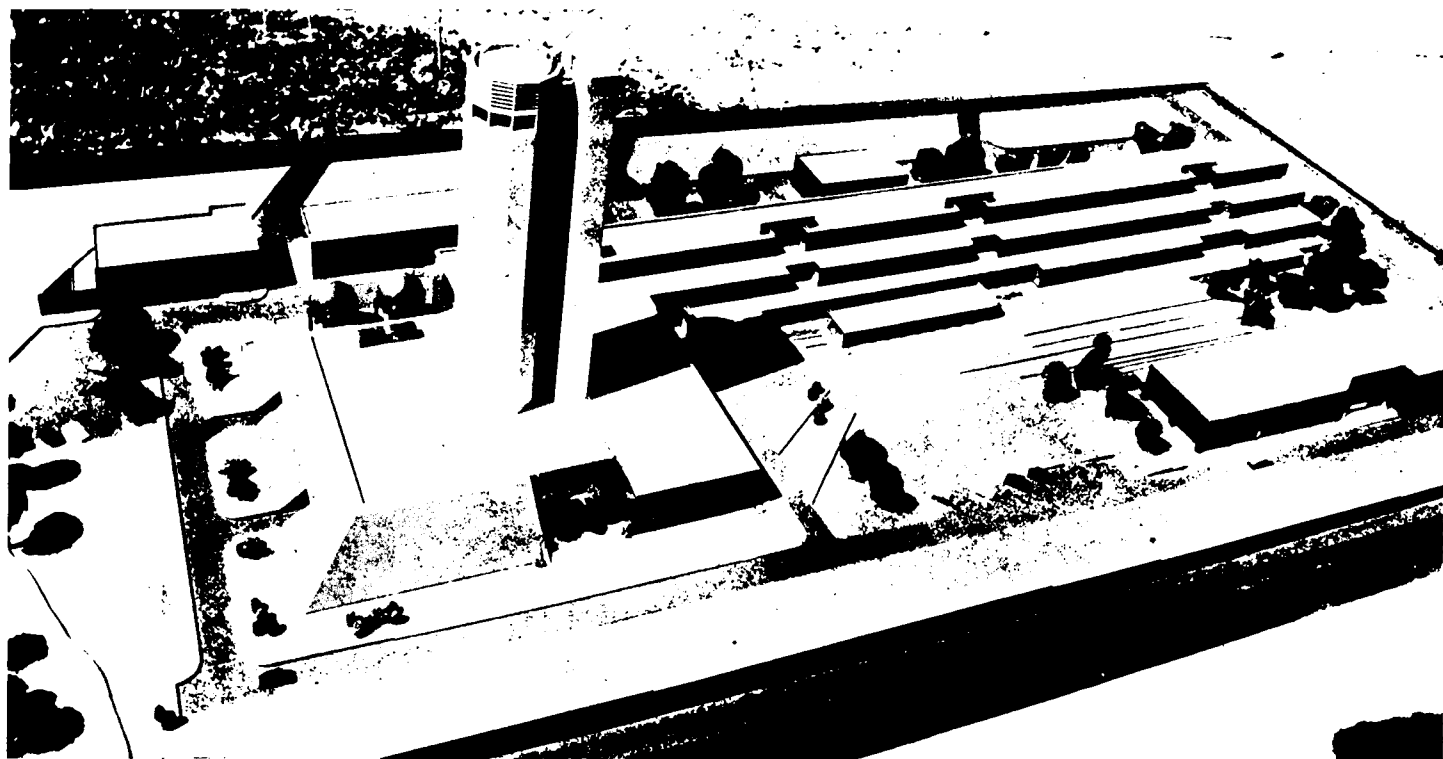
## El nuevo acelerador

El nuevo acelerador está previsto para alcanzar 20 MV; el sistema de aceleración es de tipo Pelletron. Consta de varias secciones bien diferenciadas y en su diseño se ha previsto la incorporación de los últimos avances en la tecnología de aceleradores de partículas.

Para visualizar en forma esquemática el funcionamiento del acelerador se puede recurrir a la Fig. 1.

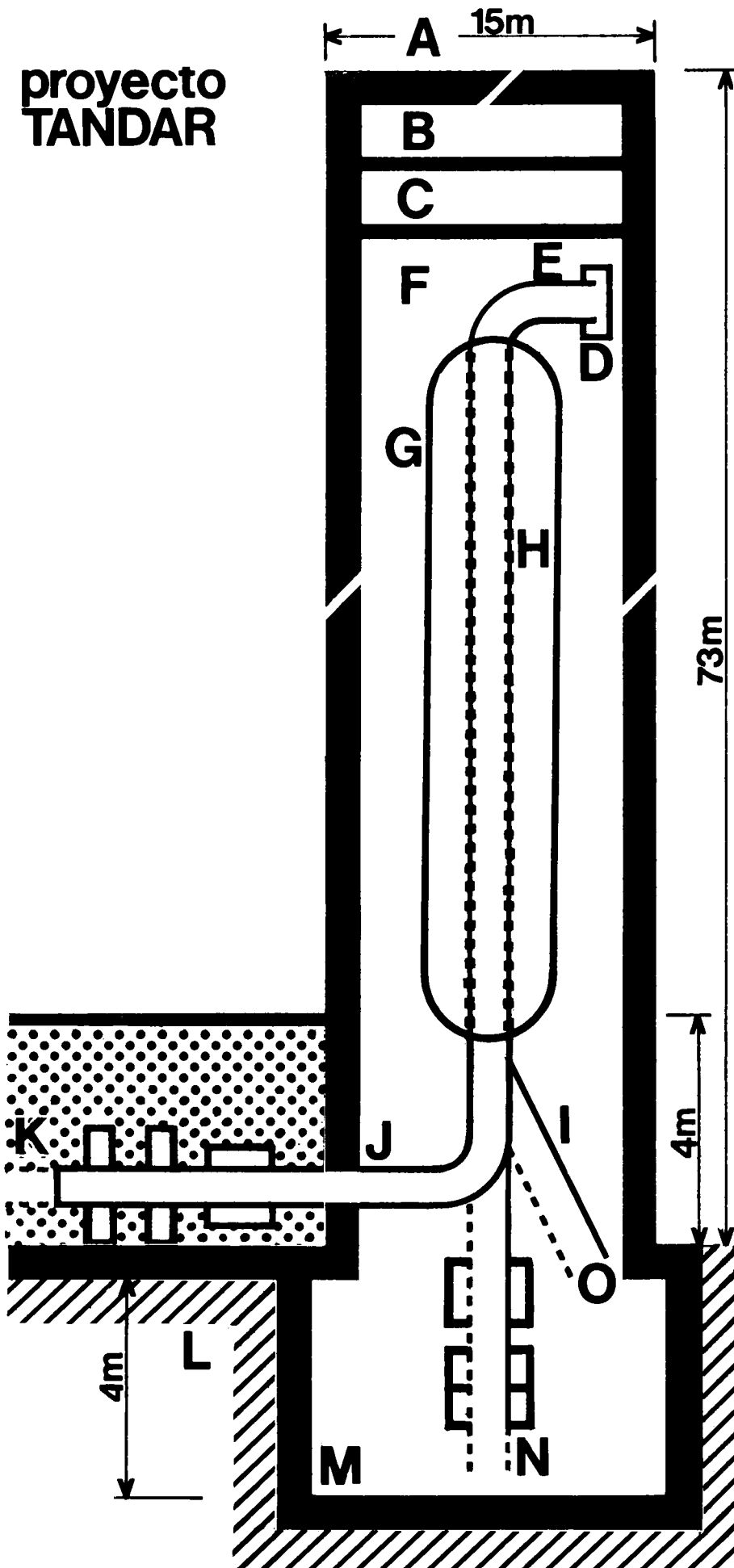
En la parte superior de la torre se encuentra la fuente de iones que provee los que van a ser acelerados. En este nivel, existe una etapa de pre-aceleración horizontal, que sirve de inyector del haz de iones en la etapa aceleradora de alta tensión.

El haz de iones, luego de ser pre-acelerado, es curvado en 90° por un imán deflector, de tal forma, que el haz puede ser inyectado en la etapa vertical de alta tensión. En esta última, los iones son acelerados hasta la base de la torre, donde nuevamente son desviados por un imán deflector, para la obtención de una haz horizontal que será dirigido a las diferentes líneas de experimentación. Se cuenta además con la posibilidad de haces directos y desviados a 15° de la línea vertical.



Maqueta general de la primera etapa del proyecto TANDAR

# proyecto TANDAR



Analizando en forma más detallada el funcionamiento de las diferentes etapas se puede decir que el sistema inyector, que incluye la fuente de iones, consta de una columna de alto voltaje, un inyector electrostático con deflector magnético y tres módulos de fuentes de iones intercambiables, para mayor versatilidad del sistema.

La columna de alto voltaje del inyector está diseñada para soportar 300 KV de tensión continua negativa, y en su interior los iones son acelerados en alto vacío. El haz así generado y preacelerado es desviado entonces a 90° por un imán de doble enfoque, que permite no sólo introducir el haz en la etapa de aceleración, sino también despojarlo de sus componentes indeseadas.

Simultáneamente, existe un sistema de pulsado que permite producir pulsos de iones del orden de los nanosegundos después de la aceleración, y que está localizado en la entrada de baja energía de la máquina. El sistema puede ser utilizado tanto para iones livianos como pesados.

A continuación, se encuentra la etapa de aceleración de alta tensión, que permite una tensión máxima de aceleración de 20 MV entre el sistema inyector y la parte media de la columna de aceleración. Esta columna está construida en módulos y su largo es de 34.84 m. A su vez, entre la parte media de la columna

Corte esquemático de la torre principal, y la columna del proyecto TANDAR.

Referencias:

- A: Edificio dodecagonal de la torre.
- B: Tanque.
- C: Sala de Conferencias.
- D: Fuente de iones.
- E: Preacelerador.
- F: Imán deflector.
- G: Tanque de acero inoxidable.
- H: Columna de aceleración de alta tensión.
- I: Imán deflector.
- J: Salida a 90°.
- K: Una de las líneas experimentales a 90°.
- L: Suelo.
- M: Sala de experimentación en el subsuelo para haces moleculares.
- N: Línea experimental directa.
- O: Una de las líneas experimentales a 15°.

y el extremo inferior de la misma también hay 20 MV de tensión máxima, de manera que, con intercambiadores de carga aplicados a los iones en la parte media de la columna, se puede tener una aceleración neta a lo largo de 40 MV.

Si bien el haz se desplaza por dentro de la columna a una presión del orden de  $10^{-9}$  Torr., las dimensiones del edificio que la contiene deberían ser enormes para permitir una buena aislación en aire, tratándose de tensiones tan altas. Por esta razón, la columna de aceleración de alta tensión está encerrada dentro de un tanque de acero inoxidable, que, una vez instalada la columna, será llenado con exafluoruro de azufre. Este producto permite, dadas sus excelentes propiedades dieléctricas, reducir notablemente las dimensiones del edificio que contendrá al acelerador.

Para la carga del terminal de alta tensión se utilizan dos grupos independientes con dos cadenas tipo Pelletron que pueden transportar 400 microamperes de carga al terminal.

---

### Sistemas complementarios

---

El sistema de control ha sido diseñado combinando lazos luminosos con barras mecánicas, y el sistema de control digital incluye transmisiones por módulos CAMAC utilizando una computadora PDP 11/23.

Para el acceso de los servicios a la columna se utilizan dos plataformas móviles, una de las cuales es de forma anular y rodea la columna, mientras que la otra se desplaza por el interior de la misma.

Cuando los iones llegan a la parte inferior de la columna, ya han alcanzado la máxima energía que permite el acelerador, por lo que están disponibles como proyectiles para interactuar con los blancos previstos en las diferentes líneas experimentales de investigación. Por esto, a la salida de la columna de alta tensión, existen varias posibilidades de orientación del haz con la finalidad de dirigirlo a la región deseada.

Una de las posibilidades es la de utilizar el haz sin modificar su dirección de salida, por lo que se ha previsto una sala de experimentación directamente debajo de la columna y bajo el nivel del suelo.

Pero también existe la posibilidad de desviar el haz nuevamente en  $90^\circ$  para colocarlo otra vez en un plano horizontal. Esto se realiza mediante otro imán deflector, montado sobre una base rotatoria, lo cual permite suministrar el haz en una de las treinta ventanas de salida, que cubren aproximadamente unos  $270^\circ$  del plano en que se mueve el deflector.

Para el suministro del exafluoruro de azufre que proveerá la aislación de la columna, también se han previsto instalaciones especiales. El almacenamiento del aislante se realizará en estado gaseoso, a diferencia de otras plantas de este tamaño, que usan almacenamiento líquido. Un estudio realizado por la CNEA a este respecto muestra que ambos sistemas son equivalentes en precio cuando se tienen en cuenta los costos de operación por períodos mayores de 10 años. En estas condiciones, el sistema de almacenamiento de gas resulta más simple, más versátil y confiable. El sistema ha sido diseñado y construido con tecnología local. El almacenamiento se realiza en dos tanques esféricos de 10 m de diámetro, que se encuentran en la parte exterior del edificio y que tienen un volumen de  $520 \text{ m}^3$ . Desde estos tanques se suministra el gas aislante a la columna mediante instalaciones especiales, que incluyen mecanismos de bombeo, sistemas de reducción de ruido y circuitos de purificación.

El sistema de recirculación y purificación del gas ha sido contratado directamente con la NEC. Tiene dos turbocompresores, que producen una circulación continua de gas sobre un lecho de absorción de alúmina. Estos sirven la función de desecadores, para remover las impurezas que puedan estar presentes en el gas, y antes de la reinyección el gas es enfriado en un intercambiador de calor. Finalmente, el gas es filtrado antes de ser introducido en el tanque. El sistema está diseñado con dos desecadores, de manera que cuando uno está en operación el otro puede reactivarse mediante una corriente de aire caliente a  $400^\circ \text{ C}$ .

---

### Distribución de edificios

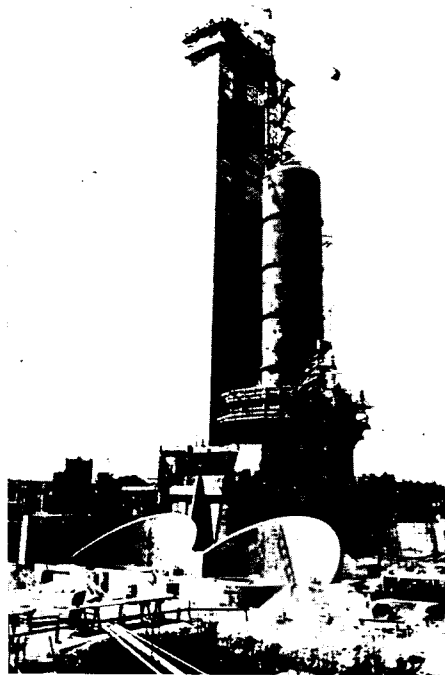
---

El edificio principal, lógicamente, es la estructura en torre que alberga en su interior el tanque que contiene

el acelerador. Este edificio es de forma dodecagonal, con un diámetro de 15 m y una altura de 73 m. El diseño toma en cuenta la estabilidad necesaria para el acelerador durante períodos de intenso viento y gran radiación solar. También está diseñado con el espesor de concreto adecuado para servir de blindaje contra la radiación cuando el acelerador acelera protones y deuterones a la máxima energía. Esta torre alberga no sólo el acelerador en sí, sino también la fuente de iones, el inyector y el analizador magnético a  $90^\circ$ .

En la parte superior de la estructura se ha previsto una sala de conferencias y los accesos a la torre en los distintos niveles están previstos mediante dos ascensores, uno de carga y el otro, rápido, para el transporte de pasajeros.

Se ha tomado gran cuidado en el diseño de las áreas de experimentación con la finalidad de dar gran versatilidad a las líneas experimentales. No sólo se han tenido en cuenta tamaño, forma, número de salas y accesos, sino que se ha tratado de tener



El tanque de acero inoxidable ya instalado. Rodeando al tanque, comienza la construcción de una torre de cemento. En la parte anterior se observan, ya construidas, las bases de cemento para los tanques esféricos que contendrán el exafluoruro de azufre.

la mayor superficie posible disponible en los alrededores de la base del acelerador para las distintas líneas de trabajo, compatibilizando esto con la facilidad de acceso a los controles, manejo de datos y áreas de servicio. Las salas experimentales ocupan aproximadamente 270° del sector. Hay dos salas blindadas para uso múltiple y tienen la posibilidad de ser equipadas con grúas. Dos puertas de acceso con bloques de concreto removibles conectan directamente estas áreas con un camino exterior, y suministrando el espacio necesario para el ingreso de posibles equipos pesados. Se dispone de un área con alto blindaje para experimentos de alta radiación. Esta zona ha sido planificada para acomodar parte del separador electromagnético de isótopos.

También están previstas dos áreas de trabajo sin blindaje, pero que en el futuro pueden blindarse y equiparse para trabajos en línea.

Directamente debajo del analizador magnético de 90°, hay una sala de experimentación diseñada para estudios con haces moleculares utilizando la salida a 15°.

La sala de control y la de recolección de datos se encuentran ubicadas en la planta baja y tienen

accesos directos a las zonas de experimentación.

La planta de manejo de gas está en dos niveles, en forma de ubicar las bombas lo más cerca posible de los tanques, y por esta razón la planta debe estar acústicamente aislada del resto de las áreas de trabajo.

En los pisos superiores están ubicados todos los laboratorios de apoyo al acelerador, tales como el de electrónica, desarrollo de fuentes de iones, preparación de blancos, detectores y servicios de seguridad.

Además del edificio principal, en que se encuentra el acelerador, y de las áreas complementarias mencionadas, se ha previsto como primera etapa del proyecto TANDAR la construcción de obras civiles para talleres, una planta propia de energía y salas de almacenamiento. Asimismo, las diferentes oficinas y laboratorios de los investigadores de los departamentos de Física y Radiobiología estarán ubicados en un edificio de tres plantas con un área aproximada a los 700 m<sup>2</sup>, por lo que dichos departamentos serán trasladados a este lugar desde su actual ubicación en la sede central de la CNEA.

Posteriormente se contempla trasladar al mismo predio, en construc-

ciones adicionales no previstas en esta primera etapa, a toda la Gerencia de Investigaciones y a los grupos de Energía Solar, Química de Reactores y Prospectiva. El área prevista inicialmente para esta segunda etapa es del orden de los 5.000 m<sup>2</sup>.

## Etapas ulteriores

Debido a su versatilidad, el acelerador Tandem de 20 MV puede servir a una amplia gama de actividades de investigación. Algunos de los programas a iniciarse se detallan a continuación.

Aunque la máquina permite la instalación de alrededor de 30 líneas diferentes, inicialmente se comenzará sólo con la instalación de seis. Estas líneas estarán equipadas con todo lo necesario para el manejo de los haces y los equipos complementarios, según los requerimientos de cada línea de investigación.

Se ha planificado iniciar cuatro líneas experimentales de investigación en Física Nuclear: varias mesas de correlaciones con propósitos múltiples para espectroscopía gamma después de reacciones nucleares; una línea de separación electromagnética de isótopos; una cámara de dispersión multipropósito para iones livianos y semipesados, y una cámara de dispersión para iones pesados.

De estas líneas, las dos primeras ya están operando en la CNEA, y serán trasladadas a la zona de ubicación del nuevo acelerador.

Existe un plan para la instalación de un espectrómetro magnético, y actualmente ya ha sido decidida su adquisición.

Una computadora VAX 11/780, con 2,5 megabyte de memoria, ya ha sido entregada por la Digital Corporation, y el sistema de adquisición de datos y el desarrollo de *software* ya ha sido iniciado.

Se encuentran además en planificación otras líneas de trabajo en Física Nuclear, en Física Atómica, en Física del Estado Sólido y en Radiobiología. Igualmente podrán llevarse a cabo investigaciones aplicadas en campos tales como Metalurgia, Dosimetría y Seguridad Radiológica.

Cuando el Departamento de Física cuente con el nuevo acelerador podrá atacar problemas tales como



Centro Atómico Constituyentes, sobre la intersección de las avenidas General Paz y de los Constituyentes. Inmediatamente detrás, en construcción, la torre que albergará al acelerador. Los tanques esféricos, adelante y hacia la derecha de la torre, son los tanques de almacenamiento del exafluoruro de azufre.

dispersión elástica y profundamente inelástica, transferencia de partículas, fusión, fisión, medición de "tiempos de vuelo", espectroscopía gamma después de reacciones nucleares, separación electromagnética de isótopos, daños por radiación, estructuras nucleares, reacciones nucleares y física nuclear aplicada.

Cuando se complete el proyecto TANDAR, representará la mayor obra de este tipo en América Latina y una de las principales del mundo. Esto permitirá que el Departamento de Física de la CNEA se convierta en un fuerte centro de investigación, capaz de cooperar con otras instituciones de prestigio, tanto del país como del extranjero, y será un lugar de investigación atractivo para la formación de investigadores, principalmente para los países latinoamericanos.

Los cronogramas realizados permiten estimar que el acelerador estará operando a fines de 1982, por lo que se podría estimar que las líneas de investigación podrán iniciarse a partir de 1983.

### Formación de especialistas

Paralelamente al plan de diseño y construcción del acelerador, se está llevando a cabo un plan de formación de recursos humanos a corto y a largo plazo. El plan prevé la iniciación de nuevo personal en trabajos de investigación y el perfeccionamiento del personal ya existente.

El programa de iniciación se inició a principios de 1977 mediante la incorporación de ocho investigadores. A principios de 1978, se incorporaron seis investigadores más, y en los años siguientes se prevén incorporaciones individuales de acuerdo con las necesidades del Departamento de Física. Actualmente, los investigadores incorporados a este plan de iniciación se encuentran realizando cursos de post-grado y trabajos de investigación, preferiblemente de carácter experimental, en centros de investigación de diferentes partes del mundo (Munich, Oxford, Rehovot, Stony Brook, Berkeley, Oak Ridge, Seattle, Copenhagen, Heidelberg y CNEA).

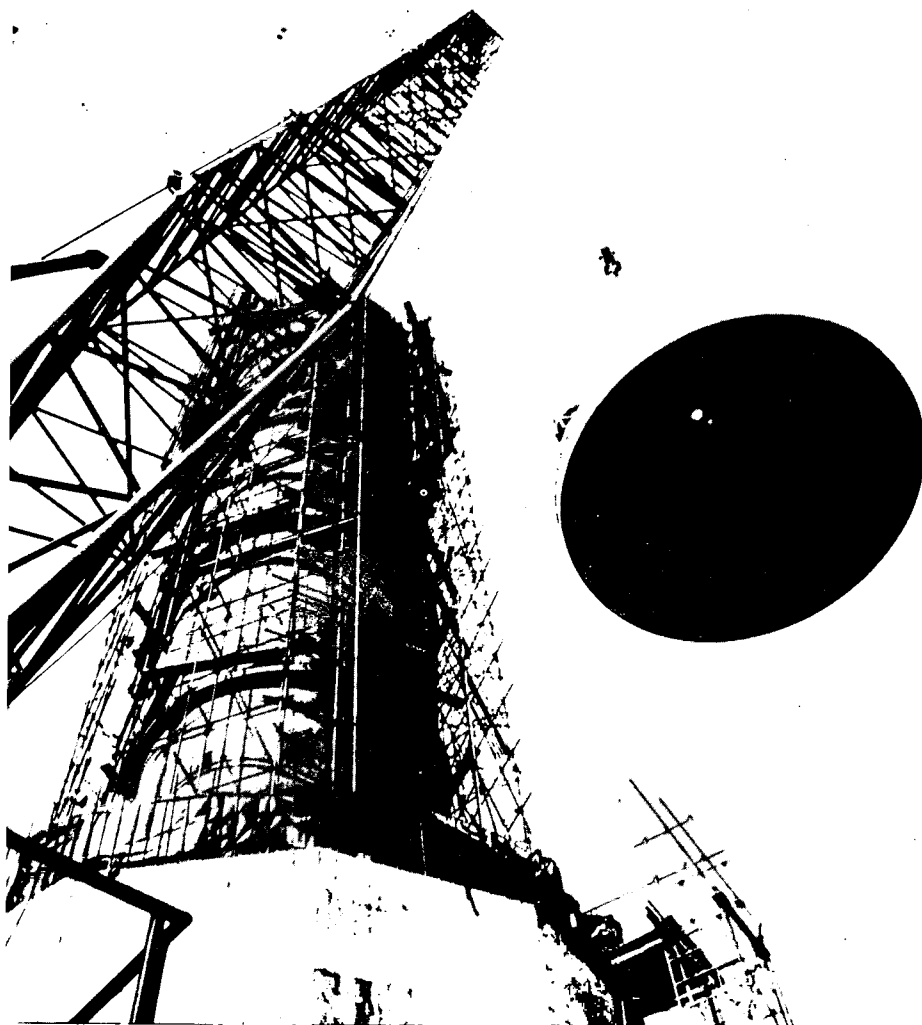
Simultáneamente, algunos investigadores del Departamento se encuentran en los laboratorios de la NEC en Estados Unidos, colaborando en la construcción del acelerador.

También se vienen realizando reuniones de trabajo (Nuclear Physics Workshop) que comprenden quince días de conferencias y discusiones sobre temas relacionados con el proyecto TANDAR, y en las cuales participan especialmente expertos internacionales en el área. Hasta la fecha, se han realizado 4 reuniones de este tipo, las dos primeras en 1978 y 1979, en el Instituto Balseiro del Centro Atómico Bariloche, y las dos últimas, en 1980 y 1981, en la ciudad de Buenos Aires. Estas reuniones tienen en parte el objeto de precisar en forma más detallada los problemas a encarar en las líneas de investigación a iniciarse con el nuevo acelerador.

Cuando el proyecto TANDAR esté operando en forma efectiva y estén

funcionando las líneas de investigación, los diferentes departamentos que harán uso del mismo podrán tener la posibilidad de realizar nuevos y valiosos aportes al acervo científico universal. Dados los antecedentes de su corta historia y la seriedad profesional con que se trabaja en la CNEA, estamos seguros que este futuro promisorio será pronto una realidad.

(\*) Parte de la información contenida en esta nota se tomó de un trabajo similar editado por la revista *Interciencia*: 6, 93 (1981).



Momento de colocación de la tapa superior del tanque de acero inoxidable, dentro del cual se instalará la columna de aceleración de alta tensión.