

FÍSICA DE PARTÍCULAS

Ciencia a todo neutr

Con el apoyo financiero y científico de naciones de Europa se construye en la ciudad de Lund, Suecia, la Fuente Europea de Neutrones por Espalación, un megaproyecto para producir neutrones que no utiliza reactores nucleares sino un acelerador lineal.

Por **Ángela Posada-Swafford**

Si en lugar de los años 30 del siglo pasado Superman hubiera nacido en este siglo XXI, es probable que, además de contar con visión de rayos X, tuviera también visión de neutrones. Porque con esta tecnología el Hombre de Acero podría ver no sólo a través del plomo, sino de la estructura atómica misma de las cosas. Podría incluso detectar la kryptonita antes de entrar en contacto con la letal sustancia ficticia.

De ahí la ciencia de los neutrones, una aventura que comenzó hace 86 años cuando el físico británico James Chadwick demostró la existencia de estas partículas en el núcleo de los átomos. Descubrimientos posteriores revelaron el papel del neutrón en la alquimia que convierte un elemento químico en otro. Y a finales de la década de 1930, los científicos habían aprendido cómo las reacciones nucleares y la descomposición



IN SITU. (Arriba) Vista aérea de los trabajos de construcción del ESS, en noviembre pasado. (Derecha) Maqueta de la obra, diseñada por el despacho Henning Larsen.

radiactiva podrían producir neutrones en grandes cantidades. Esto llevó al descubrimiento de la reacción nuclear en cadena, e introdujo a la física en los territorios sin precedentes de la energía y las armas nucleares.

Al mismo tiempo, los neutrones se convirtieron en una poderosa herramienta de investigación capaz de revelar la estructura de la materia. Hoy la ciencia de los neutrones lo

influencia todo: desde la próxima generación de computadoras hasta la estructura de los virus. De esa manera, ésta cada vez más apreciada rama de la física está siendo aplicada para con- testar una amplia gama de preguntas que cubren los campos de la física, química, geología, biología y medicina, además de explorar las propiedades fundamentales del Universo. ▶

ón

FOTOS: HENNING LARSEN ARCHITECTS, PERRY NORDBERG / ESS



ENTRAÑAS. El ESS tendrá 22 instrumentos localizados en sus tres centros experimentales.



FOTOS: LUCAS GÖLÉN; PERRY NORDENG / ESS; ALEXANDRA SCHMIDL

◀ En otras palabras, todo en el planeta está hecho de átomos. Los neutrones, entonces, son una herramienta para estudiar la estructura de las moléculas, verlas, y entender su comportamiento en tiempo real.

Que vengan los neutrones

Pero antes, hay que producirlos en masa. Entre otras situaciones porque en el mundo existen pocas 'fábricas' de neutrones para la ciencia, y se avecina una escasez de estas partículas para investigaciones.

Sabías que...

Quando empezaron las excavaciones del European Spallation Source se hallaron restos arqueológicos de asentamientos desconocidos de la Edad de Piedra.



Y aquí es donde entra en escena el proyecto científico de neutrones más poderoso del mundo, el cual está siendo construido a las afueras de la pequeña ciudad de Lund, en el sur de Suecia. La Fuente Europea de Neutrones por Espalación (European Spallation Source, ESS) es un gigantesco laboratorio que entrará en funcionamiento en 2023, a un costo de 1.8 billones de euros, de los cuales Suecia y Dinamarca aportarán casi la mitad entre los dos, y el resto será compartido entre los países socios.

Fuente Europea de Neutrones

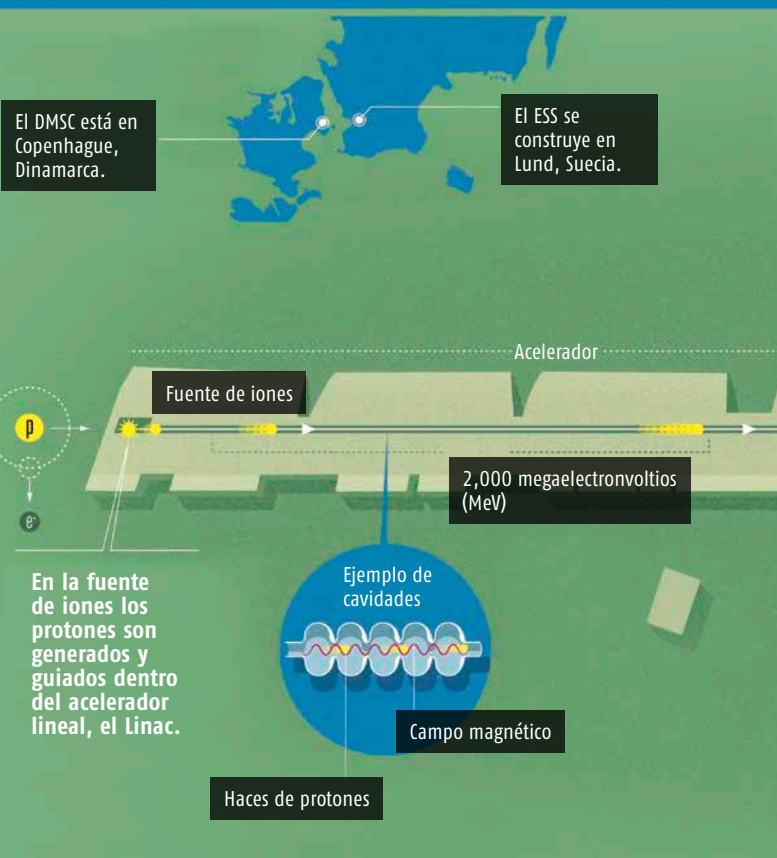
La Fuente Europea de Neutrones por Espalación (ESS) será un centro de investigación multidisciplinario que dará a los científicos nuevas posibilidades en una amplia gama de investigación, desde ciencias biológicas hasta materiales de ingeniería, desde conservación del patrimonio hasta magnetismo. Es un proyecto paneuropeo, con Suecia y Dinamarca como países anfitriones. La instalación principal se construye en Lund, Suecia, y el Data Management and Software Center (DMSC) se encuentra en Copenhague, Dinamarca.



PROCESO. Para producir reacciones de espalación es necesario acelerar un protón mediante una serie de campos electromagnéticos en el acelerador hasta que adquieren una gran energía cinética. En ese momento se hacen impactar sobre un átomo de un material pesado (por lo general mercurio, plomo o wolframio) dando lugar a la reacción nuclear que genera a los neutrones.

EL BLANCO. El lugar en el que se produce la colisión de los protones se conoce como blanco y se puede considerar el centro de la fuente de neutrones. Se trata de dispositivos especialmente complejos en los que se genera una gran cantidad de calor derivada de la interacción de los protones con el material.

LIBERAR EL CALOR. El blanco se compondrá de una sucesión de bloques al interior de una rueda de 2.5 m de diámetro sobre la que incidirá el haz de protones. En la rueda se sitúa una serie de canales donde circula helio a gran velocidad para extraer el calor generado en la espalación.



Partícula muy particular



TROZO DE HISTORIA. Cera usada por James Chadwick, descubridor del neutrón, en uno de sus experimentos.

El neutrón es una partícula subatómica sin carga con una masa 1,839 veces más grande que el electrón. Está compuesto por tres partículas fundamentales conocidas como quarks. Los neutrones son estables cuando se unen en el núcleo atómico; pero cuando son partículas libres, se descomponen después de unos 15 minutos en un protón, un electrón y un electrón-antineutrino. Debido a su inestabilidad, los neutrones libres sólo se encuentran cuando los núcleos se desintegran, en reacciones nucleares o en el tipo de reacciones de alta energía producidas por los rayos cósmicos o las colisiones de los aceleradores.

Su falta de carga eléctrica significa que el neutrón puede ir más allá de sus primos eléctricamente cargados, tales como el electrón o el protón.

ANATOMÍA. En este diagrama se muestra la estructura del átomo. Un átomo consiste en uno o más electrones que giran alrededor de un núcleo pequeño y central. En el núcleo del átomo el neutrón no tiene carga eléctrica.



GRÁFICO: JOHAN JARNESTAD/ ESS, FOTOS: GETTY IMAGES

ESS está diseñado alrededor de un acelerador lineal que impulsará un haz de protones de hidrógeno, a casi la velocidad de la luz, hasta estrellarlos contra una rueda giratoria de ladrillos de tungsteno. La espalación sucede cuando los protones, al chocar velozmente contra el blanco, desalojan neutrones contenidos

en los átomos del tungsteno, el cual fue escogido porque es un material que contiene muchos neutrones en el núcleo de sus átomos. Entre más neutrones produzca una fuente se dice que es “más luminosa”. Este laboratorio espera ser hasta 100 veces más luminoso que todas las demás fuentes de espalación que

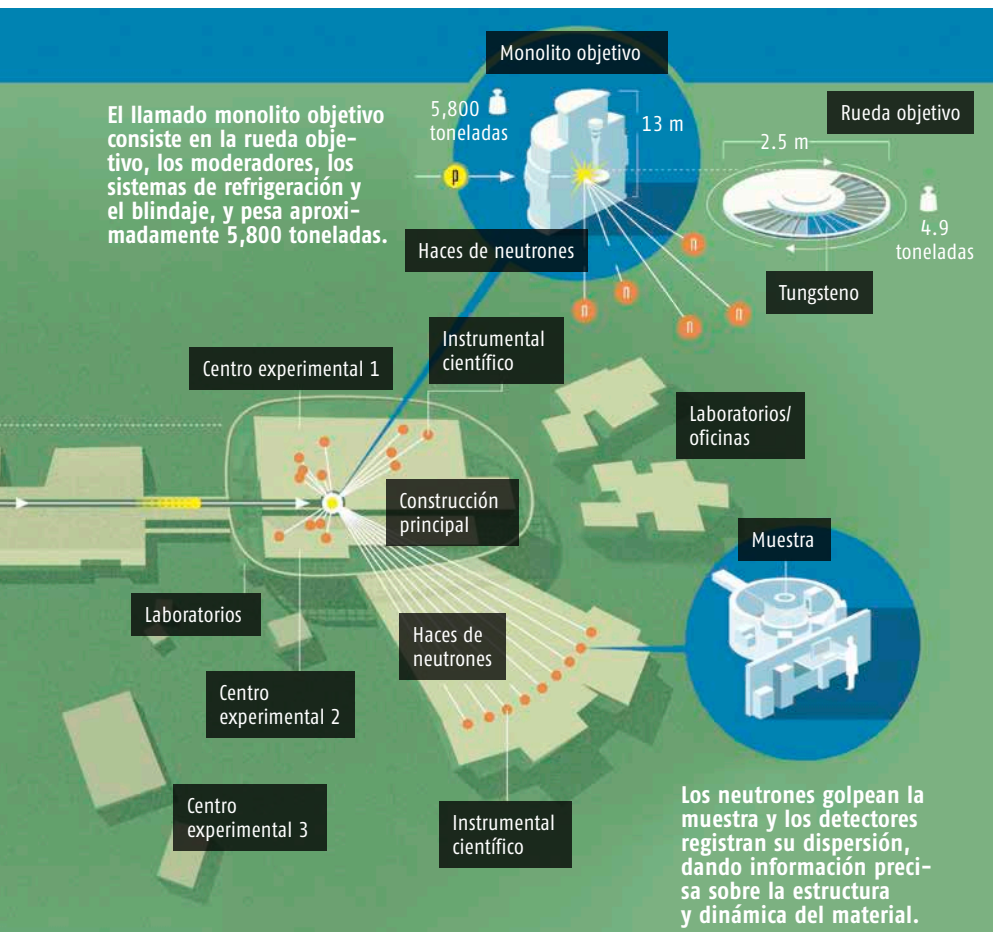
Los neutrones son una herramienta única para investigar la estructura y la función de la materia desde lo microscópico hasta la escala de lo atómico.

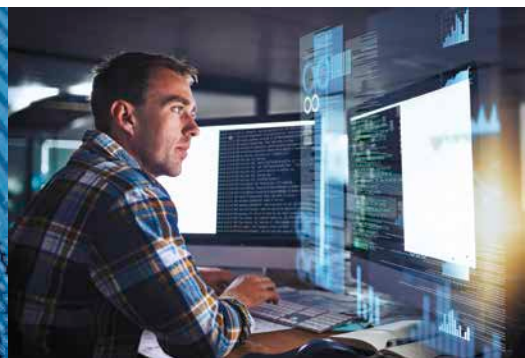
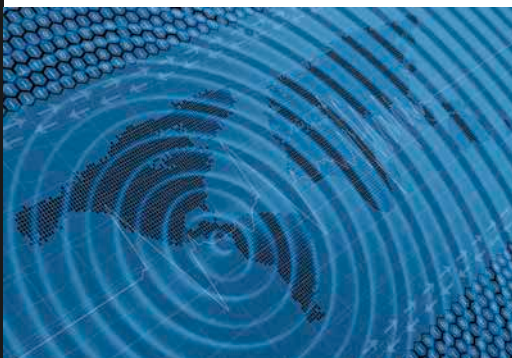
actualmente existen en el mundo.

Los neutrones recién liberados salen a su vez disparados a grandes velocidades. Para que sean útiles a la ciencia es preciso bajarles la energía, confinándolos en cámaras especiales, antes de distribuirlos en haces ordenados que van a alimentar constantemente a cada uno de los 22 experimentos que esperan al final del camino.

Hace algunos meses, estando en Copenhague, acepté una invitación para visitar la construcción del ESS, a una hora en autobús, cruzando el trozo de mar que separa a Dinamarca de Suecia. Era una mañana lluviosa y en torno al lugar de construcción estaba lleno de barro. No obstante, el trabajo proseguía como si nada. Armada con las mismas botas, casco y chaleco verde limón de los obreros de la construcción, me dejé guiar por algunos pasillos subterráneos, enormes recintos desnudos, edificios para oficinas y alojamiento que conforman las 72 hectáreas del ESS.

Especialmente interesante fue caminar por el túnel de concreto de 537 metros, ahora vacío, por donde eventualmente correrán los haces de protones de hidrógeno dentro de tubos y otras cavidades. El sistema funcionará a una temperatura de -271°C , mantenida por helio líquido dentro de algunas partes del acelerador. A lo largo de la línea recta del acelerador habrá imanes que crearán un campo de ondas electromagnéticas para acelerar a los protones progresivamente y llevarlos al 96% de la velocidad de la luz. ➔





Seis razones para usar neutrones

Sondear la estructura y el movimiento

La dispersión de neutrones es una tecnología que permite estudiar la estructura y la dinámica de átomos y moléculas en un enorme rango de distancias y tiempos: de micras a milésimas de micrómetro, y de milisegundos a 10 millones de millonésimas de milisegundo.

Alta penetración

Los neutrones pasan fácilmente a través de la mayoría de los materiales, bajo condiciones extremas, como temperatura o presión muy altas, sin que el haz se deteriore. Tampoco son destructivos (permiten estudiar materiales delicados sin temor a daños). La imagen de neutrones se puede usar para monitorear el interior de objetos tan grandes y complejos como el motor de un auto encendido, o una tumba faraónica.

Una herramienta precisa

Los neutrones proporcionan una herramienta extremadamente precisa. Sus interacciones con la materia no son demasiado fuertes, lo que hace que el análisis cuantitativo y la interpretación de los datos sean claros.

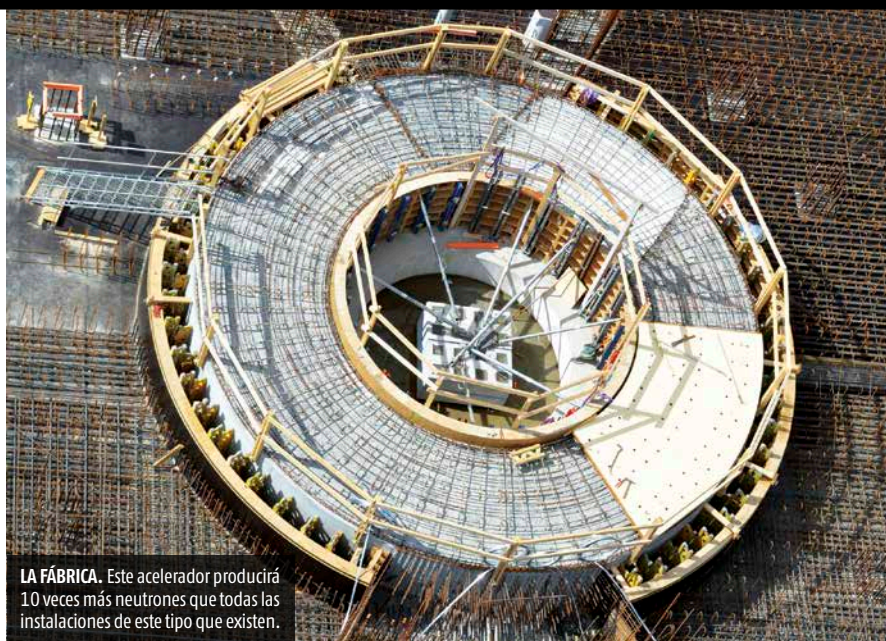
◀ El ESS está diseñado para alcanzar una potencia de 5 megavatios, o 5 millones de vatios, aunque al comienzo iniciará de manera más conservadora. Entre más potente sea el pulso de neutrones, más pequeña es la muestra que se puede estudiar, lo cual abre la posibilidad de estudiar materiales preciosos o raros.

Hacia el final de la visita pude asomarme, bajo la lluvia, a la estructura más crítica de todas: una gran cámara donde se alojará la rueda de tungsteno de 2.6 metros de diámetro y 11 toneladas de peso, que estará rotando a 23 revoluciones por minuto. El proceso de espalación genera isótopos radiactivos en el blanco, en este caso el tungsteno, que por eso estará metido entre varios metros de acero y concreto reforzado y alejado de cualquier vibración del terreno.

Desde arriba alcanzo a ver una estructura circular alrededor de un espacio vacío, en medio de un laberinto de túneles que alojarán la óptica, los filtros y las guías que orientarán a los neutrones recién nacidos, repartidos en 42 haces, hasta los 22 instrumentos de ciencia. Estos últimos estarán dispuestos en forma de abanico a varios metros de distancia, y recibirán a los neutrones desacelerados a un 10% de la velocidad de la luz, para poderlos trabajar.

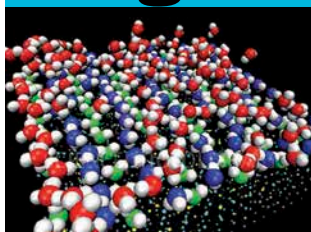
Las bondades de los neutrones

Antes de iniciar el recorrido, la bioquímica sueca Sindra Petersson Årsköld, asesora senior del proyecto, muestra un ya famoso video de una cafetera vista con rayos X y con neutrones. “Los neutrones pasan a través del metal como la luz a través del cristal”, explica.



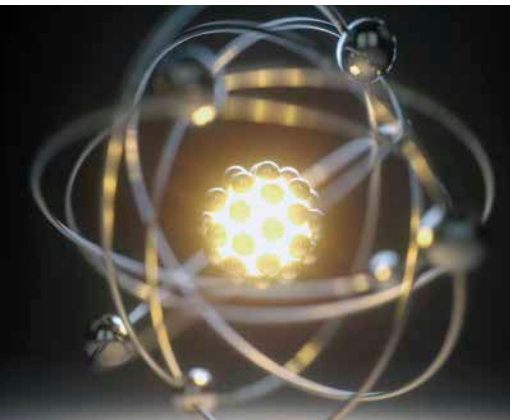
LA FÁBRICA. Este acelerador producirá 10 veces más neutrones que todas las instalaciones de este tipo que existen.

Fragmentarios



La espalación es un proceso en el cual los fragmentos de material (en inglés *spall*) son expulsados de un cuerpo debido al impacto o estrés. El término se usa en mecánica, geología, antropología y física nuclear. En esta última, la espalación es el proceso en el que un

núcleo pesado emite una gran cantidad de nucleones (neutrones y protones) como resultado de ser golpeado por una partícula de alta energía.



Alta sensibilidad y selectividad

Dado que los neutrones interactúan con los núcleos de los átomos, pueden revelar qué elemento y qué isótopos del mismo están presentes en la muestra bajo estudio, y en qué proporción. Esto se emplea para resaltar grupos particulares de átomos en mezclas o materiales complejos.

Una sonda única para el magnetismo

El neutrón actúa como un pequeño imán, pero no tiene carga, por lo que se puede usar para estudiar las estructuras magnéticas y la dinámica de los materiales a escala atómica. Este comportamiento magnético es la base de muchos dispositivos importantes, incluidos los componentes clave de computadoras y automóviles.

Una sonda de propiedades fundamentales

Los estudios del neutrón en sí mismo dilucidan los eventos desde la creación de las partículas y fuerzas fundamentales durante las primeras fracciones de segundo después del Big Bang, hasta las explosiones de estrellas masivas, como las supernovas, en las que la mayoría de los elementos más pesados fueron creados.

“Y nos permiten ver el agua hirviendo dentro de la cafetera. Igualmente, los neutrones pueden detectar la pólvora dentro de una bala, y atravesar la roca y la cáscara de un huevo de dinosaurio para retratar los delicados huesos del embrión. La tecnología hace posible discernir entre diferentes elementos de la roca que tienen una composición química distinta.”

Un área en la que el impacto de la tecnología de dispersión de neutrones puede ser enorme es la biología. Entender cómo las proteínas, las enzimas y otros materiales biológicos funcionan al nivel molecular y atómico es una de las claves para comprender los misterios de la vida y el organismo. Los neutrones son idóneos para estudiar las células vivas, las cuales se dañan fácilmente cuando se usan otras técnicas de medición. Además es el único método para estudiar átomos individuales de hidrógeno, que juegan un papel especialmente importante en las cosas vivas.

Uno de los objetivos del ESS es apuntar sus haces concentrados de neutrones hacia las proteínas y enzimas en su medio natural para ver no sólo cuál es su estructura, sino cómo cambian en tiempo real, cómo funcionan las membranas celulares y cómo se integran con, por ejemplo, los medicamentos.

Una rápida lista de las investigaciones que el ESS espera recibir incluye además desarrollo de celdas de combustible, mejores baterías, materiales superconductores, computadoras, lubricantes, cosméticos, pinturas, y las ideas crecen como la espuma.

“La Fuente Europea de Neutrones por Espalación será una instalación muy grande para científicos pequeños”, dice el director John Womersley, un físico británico que ha servido en el consejo del CERN (la Organización Europea para la Investigación Nuclear), entre otras distinciones. “Me explico: a diferencia del CERN, que tiene una gama pequeña de proyectos grandes, el ESS recibirá miles de usuarios que podrán realizar sus experimentos en un par de días. Entonces, tendremos la

“ESS será un laboratorio de ciencia grande para científicos pequeños.”

capacidad de realizar una enorme variedad de proyectos de ciencia”. Lo que estamos construyendo, añade, “no es un reactor nuclear, sino un acelerador de partículas que entregará 10 veces más neutrones que todas las instalaciones de neutrones que existen hoy en día”. Según Womersley, cualquier persona o institución en el mundo podrá proponer un experimento, y de ser aceptado, podrá utilizar el laboratorio sin costo alguno. “Queremos incentivar a otros países que no son miembros del ESS a que entren en la sociedad, y también evaluaremos el mérito de algunas propuestas individuales de científicos de otros países no miembros para invitarlos a usar las instalaciones. Finalmente, empresas como las farmacéuticas que busquen la tecnología de neutrones para desarrollar nuevos medicamentos sí deberán pagar por el uso del ESS”.

Para la doctora Petersson Årsköld, el nuevo laboratorio de Lund será como una luz para iluminar lo subatómico.

“Cuando uno trabaja en el reino atómico, por lo general está caminando en la oscuridad”, dice apasionadamente. “Es muy fácil malinterpretar lo que uno ve. Por eso le preguntamos a la comunidad científica cuáles eran sus necesidades, y basados en ello escogimos los instrumentos. Este laboratorio va a cambiar el paisaje de investigaciones en Europa, al menos en Suecia. Si queremos resolver los retos de la sociedad en el futuro, tenemos que liberar a la ciencia y darle rienda suelta. Las aplicaciones vendrán después.” **M**

PARA SABER MÁS

<http://bit.ly/2CT2psN> Cómo se diseñó el European Spallation Source.