

¿Has colaborado con algún científico?, ¿no? Si piensas que no puedes aportar nada a la ciencia, estás muy equivocado.

¿Crees que en Zaragoza se hace ciencia de la buena, de nivel internacional? Si piensas que no, te has vuelto a equivocar.

En Zaragoza hay un grupo de investigadores que participa en un proyecto internacional para poner en marcha una nueva fuente de energía, la fusión nuclear. Antes de construir un carísimo reactor nuclear quieren simular por ordenador cómo funcionaría. Para eso tienen dos opciones, comprar un ordenador potentísimo y carísimo o aprovechar la potencia de cálculo de los ordenadores domésticos de los voluntarios que quieran colaborar. Como puedes imaginar han optado por esto último.

En esta unidad vamos a repasar alguna cuestión sobre energía, vamos a ver qué es la fusión nuclear, cómo se puede almacenar la materia a temperaturas elevadísimas mediante campos magnéticos, qué es la simulación por ordenador y, por último, cómo se pueden utilizar los ordenadores domésticos como el tuyo para realizar grandes cálculos científicos.



## 1. LA ENERGÍA

Las fuentes de energía han cambiado a lo largo de la historia.

*A.1 Ordena cronológicamente estas fotografías.*



*A.2 ¿Cuál de todas las energías elegirías para abastecer a toda la humanidad? Antes de contestar piensa también en los inconvenientes.*

Seguro que tus abuelos no tenían videoconsola ni chateaban con el Messenger, ni tenían móvil, ni microondas ni... Por eso es fácil entender que el consumo de energía ha aumentado mucho en los últimos tiempos. Este aumento es lo que algunos llaman 'crecimiento exponencial'.

Aquí tienes un enlace de Internet que te ayudará a entender mejor algunas cuestiones sobre el consumo de energía.



### A.3 ¿Quedará petróleo cuando tengas dinero para comprarte un coche?

Para ayudarte a contestar a esta pregunta puedes conectarte y navegar por la siguiente página web [www.ibercivis.es/divulgacion/unidades/fusion/material/cd.html](http://www.ibercivis.es/divulgacion/unidades/fusion/material/cd.html):

- Contador virtual de población mundial
- Consumo de petróleo
- Emisiones de CO<sub>2</sub>
- Las reservas mundiales de petróleo.

¿Qué fuentes de energía quedarán para tus hijos? Parece que poco petróleo, no mucho gas, algo de carbón, no sabemos cuánto uranio... Ahora se investiga sobre otras energías, la fotovoltaica, la eólica y sobre nuevos métodos para extraer energía del agua de mar!!! Reproduciendo lo que sucede en las estrellas, la fusión nuclear.

## 2. ¿QUÉ ES LA ENERGÍA NUCLEAR? FISIÓN Y FUSIÓN

Quizás hayas oído hablar sobre la energía nuclear, isótopos, la bomba nuclear o la de hidrógeno o los residuos radiactivos o...

Veamos qué es la energía nuclear y por qué no es lo mismo la fisión nuclear que la fusión nuclear.



### 2.1. FISIÓN NUCLEAR



En este enlace puedes ver una animación de una reacción de fisión nuclear.



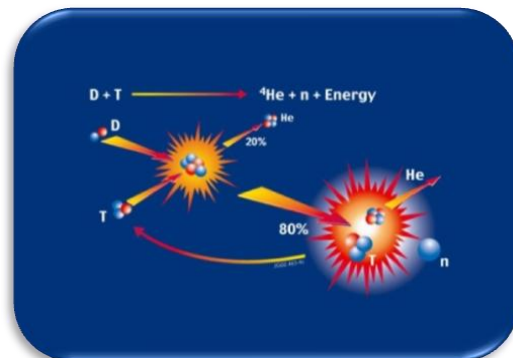
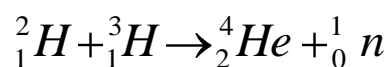
La fisión nuclear es una reacción que se puede producir en "cadena". Esta reacción en cadena puede tener lugar de forma controlada (central nuclear) y también incontrolada (bomba nuclear).

A.4 Explica con palabras sencillas: ¿Qué es la fisión nuclear? ¿Por qué se pueden producir reacciones de fisión en cadena?

### 2.2. FUSIÓN NUCLEAR

La fusión nuclear es una reacción en la que dos núcleos ligeros se unen para formar otro más pesado. En el proceso se libera gran cantidad de energía.

Un ejemplo de reacción de fusión es el siguiente:



En este enlace tienes información sobre la fusión nuclear y también las dificultades técnicas que habrá que superar para que pueda llegar a ser una nueva fuente de energía.



*A.5 Completa esta tabla y compara tus respuestas con las de tus compañeros.*

	Fisión	Fusión
Combustible		
¿Hay mucho combustible en el mundo?		
Residuos que produce...		
¿Son peligrosos?		

### 2.3. EL PROBLEMA DE LA FUSIÓN ¿CÓMO ALMACENAR LA MATERIA A MILLONES DE GRADOS?

Para producir la fusión nuclear hace falta calentar mucho la materia. Mucho significa alcanzar temperaturas de más de cien millones de grados centígrados.

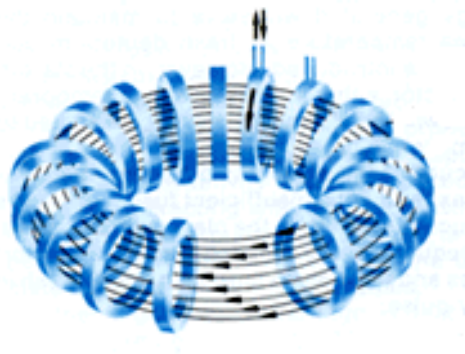
*A.6 ¿Hay algún material que pueda soportar las temperaturas necesarias para la fusión nuclear? (Ayúdate del siguiente enlace en el que aparecen las temperaturas de fusión de cada uno de los elementos)*



A millones de grados la materia no está ni sólida ni líquida ni gaseosa, sino en un estado que los físicos denominan **PLASMA**. A esas temperaturas, no se mantienen las redes sólidas ni los propios electrones aguantan unidos al átomo.

Hay una especie de sopa de núcleos y electrones, pero todo revuelto y moviéndose a velocidades tremendas.

Para conseguir muchas reacciones de fusión dentro del plasma es necesario confinarlo en un espacio limitado durante un tiempo suficiente. El problema es que unas partículas calentadas a millones de grados salen disparadas inmediatamente en todas direcciones, y no se las puede detener mediante paredes, ya que éstas resultarían dañadas y el plasma se enfriaría. Por suerte, al tratarse de partículas cargadas (iones), se puede conseguir que sigan unas trayectorias determinadas sometiéndolas a campos magnéticos.

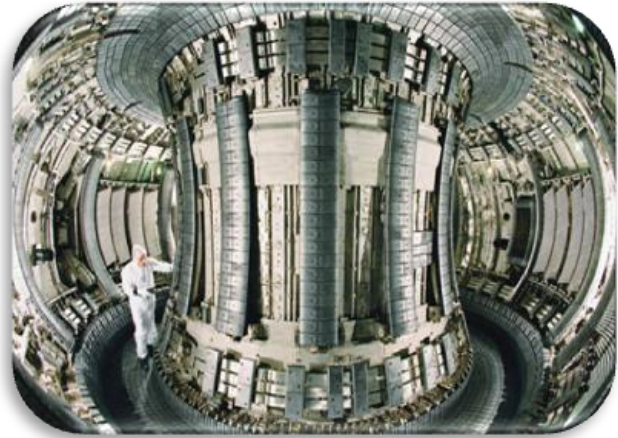


Imagina que pudieras construir un “tubo magnético” por el cual se moviesen las partículas. ¿Cómo evitarías que se escapasen al llegar al extremo del tubo? La solución más sencilla sería construirlo como si fuera una gigantesca rosquilla, uniendo un extremo con el otro: así las partículas girarían indefinidamente en su interior sin llegar nunca al final. Este tipo de cuerpo geométrico se llama toro, aunque si su sección no es perfectamente circular es un toroide.

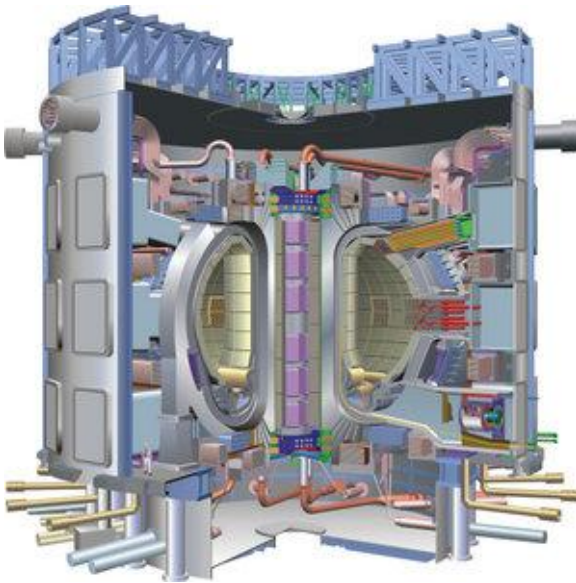
El toroide es la forma elegida para los reactores de fusión tipo Tokamak, que son los más prometedores. Pero confinar el plasma en su interior es muy complicado, y necesita la combinación de varios campos magnéticos:

- uno helicoidal, creado por una intensa corriente eléctrica dentro del plasma
- otros provenientes de potentes imanes en el centro y alrededor del toroide

Para comprender el funcionamiento básico de estos campos magnéticos, puedes ver dos vídeos y una animación



### 3. EL PROYECTO ITER.



Teóricamente parece que ya sabemos cómo confinar el plasma en un toroide. Pero la realidad no es tan sencilla y siempre hay partículas que logran escapar, chocando contra las paredes, lo que termina enfriando el plasma y deteniendo la fusión. El futuro pasa por conocer mejor las trayectorias de las partículas bajo distintas condiciones y con distintos campos magnéticos, para poder así elegir el modelo en que un menor número de ellas consiga escapar.

Desde hace décadas se está investigando con distintos reactores experimentales. En Cadarache (Francia) se va a construir el mayor de ellos, el **ITER (Reactor Termonuclear Experimental Internacional)**, un gran proyecto en el que participan numerosos países y con el que se espera poder demostrar que la fusión es viable como fuente de energía para nuestras sociedades. Pero si se quiere que la experimentación se centre sólo en modelos con posibilidades, es necesario hacer previamente

millones de simulaciones por ordenador para descartar los que no van a funcionar. Y aquí es donde tú puedes colaborar.

*A.7 Con unos conocimientos básicos de inglés puedes intentar simular tu propio tokamak en este enlace. Como verás es muy complicado obtener un plasma adecuado, y eso que sólo se tienen en cuenta tres variables: densidad del plasma, intensidad de corriente eléctrica e intensidad de campo magnético. Imagina lo complejos que deben ser los cálculos en una simulación*

*científica en la que intervienen muchísimos más factores.*



## 4. SIMULAR PROCESOS POR ORDENADOR

¿Qué es eso de simular procesos? Veamos un ejemplo.

Tú quieres que te aumenten tu raquítica paga semanal. Podrías intentara cada día un argumento nuevo hasta que convencieras a tu madre... o te aborreciera. Otra manera es hacer una simulación por ordenador, un programa que simule su cerebro. Le llamaremos *Cerebrator® 1.0*. Abrimos el programa, introducimos la frase: "¿no te parece que hace mucho tiempo que mi paga está congelada?". El programa ejecuta los cálculos y te ofrece datos del humor que tendrá tras oír esta frase.

¿Que el resultado no es el correcto? Probamos con otra frase, y luego con otra y con otra... hasta que hallemos la mejor respuesta. Hay miles de millones de frases posibles, así que nuestro ordenador podría estar años y años haciendo cálculos.

Quizás podríamos convencer a nuestros amigos para que se instalaran el programa en su ordenador y que el programa se pusiera en marcha cuando casi no usaran la potencia de cálculo del ordenador. Si consiguieras hacer esto estarías inventando el cálculo distribuido...

Pero habrías llegado tarde, porque ya está inventado.

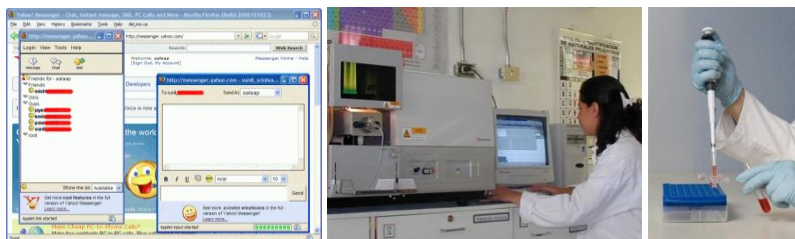
*A.8 ¿Para qué crees que puede usar la ciencia estas simulaciones? Imagina algunas posibles aplicaciones.*

Aquí, en la web de la Universidad de Berkeley, puedes ver el proyecto BOINC y las investigaciones que hay en marcha.



## 5. DIVIDE Y VENCERÁS: la Ciencia necesita tu ordenador

¿Cuál es el intruso? ¿En cuál de estas tres imágenes no se está haciendo ciencia?



Fácil, ¿verdad? Si has contestado que la de la izquierda... otro fallo. Cuando chateas o usas el procesador de textos no utilizas casi nada de la potencia de tu ordenador. Esos tiempos son los que puedes donar a la ciencia sin que lo notes.

*A.9 El proceso es el siguiente. Si necesitamos hacer, pongamos por caso, 1000 millones de simulaciones y cada una le cuesta al ordenador, pongamos por caso, 7 minutos... ¿cuántos años son?*

El proceso sería algo así:

Un gran ordenador, el del BIFI, es el que se encarga de repartir el trabajo entre los voluntarios, se encarga de enviar y recoger el trabajo.

Si tú quieres colaborar, te instalarás un programita, te conectarás a internet y se descargará la primera tarea, tu primer cálculo. Una vez que esté finalizado el cálculo, el propio programa enviará los resultados al BIFI y te bajarás el siguiente paquete. El ordenador trabajará cuando no uses casi nada de su potencia de cálculo. Cuando acabe, enviará los resultados al BIFI y te bajarás el siguiente paquete. El ordenador trabajará cuando... y así sucesivamente.

El objetivo es conseguir no se cuántos cálculos de diferentes trayectorias de las partículas de plasma en el Tokamak, en el reactor.

Todos esos datos proporcionarán una interesantísima información para poder diseñar un reactor de fusión.

Si se obtienen resultados interesantes que ayuden a diseñar el reactor, cuando seas mayor y vayan tus nietos a visitarte a la residencia, podrás decirles orgulloso: "Veis el reactor de fusión que hay a las afueras de la ciudad; pues vuestro abuelo colaboró en los cálculos previos para el diseño". Quizás no te crean o quizás tengan ellos en sus ordenadores programitas de cálculo distribuido como éste y te miren con una sonrisa tipo "¿te estás quedando con nosotros?"

