



Informe de LPPFusion 1 de julio, 2021

Resumen:

- **Los expertos en fusión piden «financiamiento mucho mayor» para LPPFusion**
- **Ánodo instalado, montaje del interruptor y avance de las pruebas**
- **Se han realizado importantes actualizaciones informáticas**

Los expertos en fusión piden «financiamiento mucho mayor» para LPPFusion

«El atractivo de un reactor de energía de fusión de baja potencia, bajo costo capital y “limpio” justifica continuar la investigación con un nivel de financiamiento mucho más alto».

Esta es la recomendación clave de la «Evaluación de la investigación del enfoque de plasma denso de LPPFusion», **un nuevo informe elaborado por un comité de destacados expertos en tecnología de fusión**. El comité, presidido por el Dr. Robert L. Hirsch, antiguo director de investigación sobre la fusión de la Comisión de Energía Atómica y la Administración de Investigación y Desarrollo de la Energía del gobierno de los Estados Unidos, concluyó que **«LPPFusion ha hecho un esfuerzo impresionante para abordar los problemas de física e ingeniería del DPF dado el número limitado de personal involucrado»**, pero que el «el programa de LPPFusion está enormemente subfinanciado y merece un nivel de financiamiento mucho más alto».

La evaluación fue solicitada por el inversor mayor de LPPFusion, The Abell Foundation, y Abell invirtió los fondos para pagar el tiempo de los miembros del comité. LPPFusion le pidió al Dr. Hirsch que reuniera al comité y lo presidiera. El informe se basó en una reunión del 14 de junio a través de Zoom de un día de duración con el científico jefe de LPPF, Eric Lerner, y el científico investigador Syed Hassan, así como en las extensas preguntas previas de los miembros del comité y respuestas escritas, y en su lectura de artículos de revistas revisadas por pares de LPPFusion. Además del Dr. Hirsch, los miembros del comité fueron el Dr. Gerald L. Kulcinski, ex director del Instituto de Tecnología de la Fusión de la Universidad de Wisconsin-Madison; el profesor Dennis Papadopoulos, codirector del Centro de Ciencias Espaciales Este-Oeste de la Universidad de Maryland, College Park; y el Dr. John Santarius, director asociado de aplicaciones y conceptos alternativos del Instituto de Tecnología de la Fusión.

El informe del comité señalaba las ventajas del enfoque básico de LPPFusion, que utiliza el dispositivo enfoque de plasma denso con combustible de hidrógeno boro (pB11): **«La búsqueda del ciclo de combustible de fusión $p^{11}B$ es muy deseable, porque ese ciclo no emite directamente neutrones, lo que complica enormemente los conceptos basados en otros ciclos de combustible de fusión. ... En principio, el DPF tiene una serie de aspectos atractivos como reactor de fusión. Entre ellos, la relativa simplicidad y el tamaño pequeño»**. El comité también señaló el efecto del campo magnético cuántico (QMF) como **«un aspecto atractivo e innovador de la fusión**

aneutrónica del DPF». El [efecto QMF](#), que sólo es importante en los campos magnéticos elevados que puede alcanzar el DPF, reduce el enfriamiento del plasma de fusión por emisión de rayos X, lo que permite un quemado de fusión mucho más rápido y una mayor producción de energía de fusión.

El Dr. Hirsch y dos de los otros miembros del comité habían participado en una evaluación del 2013 del trabajo de LPPFusion y en el nuevo informe el comité reconoció importantes logros desde esa revisión. Dos de ellos se referían a los récords de la investigación sobre la fusión: **«LPPFusion ha aumentado la media de energía iónica confinada de 150 keV a más de 250 keV. Este es actualmente el confinado más alto de energía iónica de cualquier dispositivo de fusión»**, según el informe. Además, **«utilizando electrodos de berilio, LPPFusion logró el plasma de mayor pureza registrado en cualquier experimento de fusión»**.

Al mismo tiempo, el informe señalaba de forma objetiva los importantes retos que aún tiene por delante el esfuerzo de investigación y desarrollo de LPPFusion. A pesar de la simplicidad del diseño del enfoque de plasma denso, «la física del DPF es extremadamente complicada. Si bien LPPFusion ha realizado un admirable análisis inicial de la física relacionada, queda mucho por hacer para desarrollar una buena comprensión de la física y avanzar hasta el punto en que la comprensión de la física sea totalmente capaz de ser un vehículo predecible y útil». Por supuesto, LPPFusion no es la única, continúa el informe: «Sin embargo, también se puede decir que ningún otro concepto de fusión se entiende completamente». Además, «los márgenes de error en cada aspecto del DPF son relativamente pequeños». Es decir, ¡hay que dar en el blanco!

Para hacer frente a estos y otros retos, el comité hace hincapié en la necesidad de conseguir «una mayor financiación». Esto permitiría a LPPFusion financiar simultáneamente varios dispositivos experimentales de DPF, además del FF-2B, y realizar mejoras significativas en los diagnósticos, es decir, los instrumentos que utilizamos para estudiar los plasmas de fusión. Las conversaciones con los miembros del comité dieron lugar a algunas sugerencias concretas sobre nuevos instrumentos, que detallaremos en futuros informes.

La evaluación completa está disponible [aquí](#), con información biográfica adicional sobre los miembros del comité. LPPFusion espera que la difusión del informe contribuya a hacer realidad sus recomendaciones.

Ánodo instalado, montaje del interruptor y avance de las pruebas

El equipo de investigación de LPPFusion ha estado muy ocupado preparando nuestros próximos experimentos, demasiado ocupado de hecho para publicar este informe hasta ahora. (Si quieres actualizaciones más frecuentes, síguenos en [Wefunder](#) y [Facebook](#)). Nuestro primer gran hito fue la instalación de nuestro nuevo ánodo. El día del montaje fue el 4 de mayo. Salió bien: ¡el día 4 nos acompañó! El científico de investigación de LPPFusion, Syed Hassan, ayudado por el científico jefe Eric Lerner, retiró la placa de ánodo temporal de la parte superior de nuestro dispositivo de fusión y luego la sustituyó cuidadosamente por el nuevo ánodo, montado en su propia placa de acero.

Nuestro primer paso, dentro de la caja de guantes, fue **fusionar el tallo del ánodo y la base del ánodo** (ya fijada a la placa de acero exterior). **Conseguimos la baja resistencia eléctrica** (micro-ohmios) prevista. A continuación, Syed colocó una brida personalizada en la parte superior para conectarla a la cámara superior al vacío. El ánodo tiene un orificio en el centro para permitir el escape del rayo de electrones, el cual descarga su energía a la parte superior de la cámara al vacío.

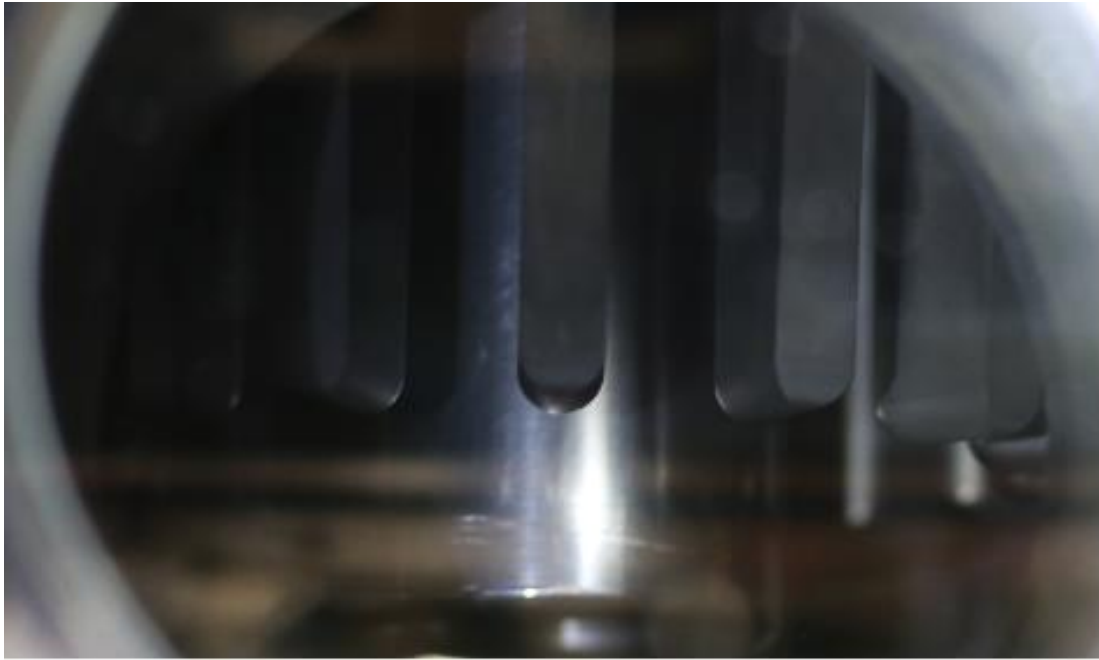


Fig. 1 El nuevo ánodo del FF-2B. Se muestra aquí a través de la ventana frontal de la cámara (el ánodo es el cilindro central brillante, rodeado por las aspas del cátodo).

A continuación, Syed colocó unas varillas roscadas en la placa de acero provisional y, con unas gatas de laboratorio, la levantó con cuidado verticalmente, asegurándose de que no chocaba con el aislante cerámico, que aún estaba dentro de nuestro dispositivo. Durante todo este tiempo continuamos bombeando la cámara de vacío, para que ningún polvo de berilio (si es que todavía hay alguno) pudiera escapar hacia el exterior. Una vez que se colocó una nueva tapa sellada con goma en la parte superior, empezamos a preparar la inserción del nuevo ánodo. El ánodo tenía que estar centrado en el aislador con una precisión de una décima de mm, 1/250 de pulgada, por lo que había que planificar cuidadosamente.

Fijamos el **conjunto del ánodo** a una varilla de acero con pernos roscados y lo llevamos a la sala de experimentación. Una vez alineado con otras varillas roscadas en la máquina, Syed bajó cuidadosamente el ánodo dentro del aislador, vigilando con dos niveles para mantener el ánodo vertical, mientras Eric supervisaba desde un punto de vista transversal. La operación, completada a las 10 de la noche, fue todo un éxito, con un **buen centrado**.

Las dos semanas siguientes del mes de mayo se dedicaron a **hornear la cámara al vacío y el sistema al vacío**. Aumentamos la temperatura con bobinas de calefacción externas a unos suaves 120 °C para eliminar la humedad que se adhiere a las piezas metálicas. Esto hizo que el vacío en el sistema se redujera a sólo 5 microtorr, sólo 7 mil millonésimas de la presión atmosférica. Se necesita un buen vacío para excluir el oxígeno de la cámara cuando disparamos. Esto evitará la formación de óxidos en nuestros electrodos y **reducirá la erosión**.

Durante este periodo, también realizamos una **prueba preliminar de los nuevos interruptores más pequeños**. Los expusimos a una alta tensión de nuestra fuente de alimentación para ver si se producía algún arco voltaico en el aire. Parece que los interruptores superaron la prueba.

El resto de mayo y principios de junio, nos concentramos en **montar los nuevos interruptores en el dispositivo FF-2B**. Con 16 interruptores, teníamos mucho que hacer, por lo que a veces la directora de información de LPPFusion, Ivy Karamitsos, y el administrador de sistemas, José Varela, también colaboraron. Syed también se ocupó de preparar cuatro cables de activación nuevos para conectarlos a los interruptores. Los cables llevan el pulso eléctrico del disparador desde el generador principal de disparo a cada interruptor. Ya que solo teníamos 12 interruptores grandes (y sólo utilizamos 8 en nuestros últimos experimentos) necesitábamos cuatro cables más. Fijarlos correctamente fue complicado, ya que debían mantener una carga de 30kV cuando el sistema de disparo

estuviera encendido. A continuación, probamos con éxito todo el sistema de disparo, que envía una chispa aguda de 60kV a los interruptores cuando los disparamos.

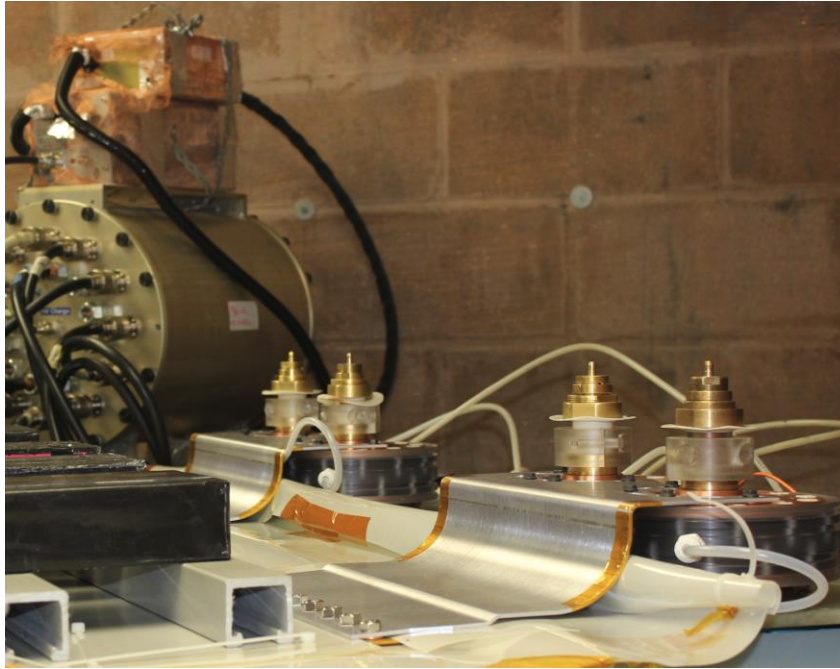


Fig. 2 Los nuevos interruptores dobles durante el montaje del sistema de conmutación. Los interruptores son los cilindros de plástico oscuro, rematados por las bujías de latón. En esta fase de montaje, aún no están unidos al sistema de disparo. El generador de disparo principal es el gran cilindro de latón a la izquierda, con los cables de disparo serpenteando fuera de él.

El 10 de junio, dimos el siguiente paso y probamos todo el sistema de interruptores y el disparador aplicando una carga al banco de condensadores. Queríamos asegurarnos de que no hubiera chispas de fogonazos antes de hacer los preparativos finales para un disparo real, donde disparamos los condensadores, permitiendo que grandes corrientes fluyan a través de nuestros electrodos. Desafortunadamente, obtuvimos una pequeña chispa de fogonazo en un interruptor, justo antes de llegar a la carga completa de 40kV.

En retrospectiva, nuestra prueba preliminar de sólo dos interruptores fue calificada como demasiado fácil. Superamos nuestro primer intento de aislar los interruptores contra las chispas de fogonazo porque no oímos el «chasquido» de una gran chispa de fogonazo. Sin embargo, habíamos oído un «chisporroteo» que, según nos dimos cuenta más tarde, era en realidad una serie de pequeñas chispas. Después de otras dos semanas de experimentar con diferentes formas de aislar los interruptores, principalmente con cinta Kapton, nuestro trabajo parece haber superado **la prueba del «chisporroteo»**. **Los dos interruptores de prueba no hicieron ruido hasta los 43 kV**. Todavía hay que ensamblar y probar los interruptores antes de que estén listos para disparar, esperamos que eso sea pronto.

Se han realizado importantes actualizaciones de informática

El equipo de informática de LPPFusion, la directora de sistemas de información Ivy Karamitsos y el administrador de sistemas José Varela, han completado una importante actualización de la red y el hardware de informática. La actualización sustituyó equipos que databan de 2013-2014. A principios de este año, la velocidad de la red y el acceso a los datos se habían convertido en un problema. Por ello, el equipo de informática llevó a cabo importantes actualizaciones en los últimos seis meses. La planificación estaba en marcha desde el año pasado, pero, como muchos otros, sufrimos retrasos debido a las limitaciones de la cadena de suministro relacionadas con la pandemia. Nuestro nuevo equipo de red se desplegó finalmente en mayo. Con nuestros equipos actualizados, tanto en el laboratorio como en la oficina central, ahora podemos:

- **Crear copias de seguridad** haciendo imágenes completas del sistema de forma incremental. Esto evita tener que reinstalar los programas en caso de que el disco se estropee. La deduplicación se realiza automáticamente antes de que las imágenes se cifren y se copien de forma segura a una ubicación remota, lo que reduce el costo de almacenamiento.
- **Sincronizar rápidamente los datos** a medida que estén disponibles entre **el servidor del laboratorio y el de la oficina en casa**. Esto mejora enormemente la disponibilidad de los datos y el intercambio de datos internos.
- **Sincronizar los datos del cliente al servidor.**

Estos pasos han mejorado enormemente nuestra capacidad para trabajar juntos de forma rápida y eficaz, independientemente de la ubicación. Seguimos sincronizando los datos necesarios para cada cliente, así como aplicando los últimos estándares de seguridad.

Mientras se llevaba a cabo esta actualización del hardware, el equipo informático también **actualizó el sitio web** con un tema, nuevos complementos informáticos y un nuevo sistema operativo para el servidor. Esto dio lugar a pequeños cambios en la apariencia, pero a grandes cambios en la funcionalidad, incluyendo un mantenimiento más fácil y una mejora en el uso compartido de las redes sociales. Por último, el **equipo rediseñó y recableó nuestro estudio de grabación de vídeo y oficina en casa**. Esto supuso resolver algunos problemas difíciles de iluminación y calidad de audio, pero nos ha proporcionado dos estudios diferentes en la misma habitación, lo que nos permite grabar tanto de día como de noche. Si has visto nuestros dos [vídeos](#) nuevos de 2021, creemos que te darás cuenta de su mejor calidad.



Fig. 3 Trascámara en los estudios LPPFusion. La sala principal de nuestra oficina en casa de LPPFusion (arriba) sirve como zona de trabajo para el científico jefe Eric Lerner (responsable de los papeles desordenados); como estudio de vídeo diurno (abajo a la izquierda, con la estación del servidor en el extremo izquierdo) y como estudio de vídeo nocturno (abajo a la derecha, sin los papeles desordenados).