

FIVE QUESTIONS WITH DR. ALEJANDRO CASTILLA

Tecnología Superconductor RF: Alta eficiencia en aceleración

La tecnología de **Radio frecuencia Superconductor (SRF)** se está convirtiendo es una aplicación cotidiana en aceleradores de partículas alrededor del mundo. Las cavidades de **SRF** están fabricadas de material superconductor (cuya resistividad eléctrica disminuye virtualmente a cero a temperaturas bajas) para operar con un factor de calidad alto (Q que representa el número de oscilaciones que requiere la cavidad para disipar la energía almacenada en ella) y el gradiente de aceleración (E_{acc} la cual es proporcional a la energía ganada por las partículas), de esta manera, empleando cavidades de **SRF** es posible para acelerar el haz con alta eficiencia [1].

¿Te puedes presentar?

Mi nombre es *Alejandro Castilla*, soy un físico mexicano que trabaja en tecnología de aceleradores de partículas.

¿Puedes contarnos sobre tu instituto y tu tema de investigación?

Trabajo como asistente de investigación en el departamento de ingeniería de la universidad de Lancaster en Reino Unido. Sin embargo, realizo mi investigación en el Centro Europeo de Investigación Nuclear (CERN) [2] en Suiza, como investigador asociado en el grupo de Radiofrecuencia (RF) del departamento de haces de partículas (BE), allí desarrollo dos temas principalmente:



Figura 1. Dr. Alejandro Castilla.

- El primer tema de trabajo es en **SRF**, enfocado en estructuras hechas de Niobio (Nb). Este material pasa a estado superconductor, es decir, su resistencia eléctrica prácticamente es cero cuando se enfría a una temperatura menor a 9.3 Kelvin (-263.8 Centígrados) usando Helio líquido. Al obtener superficies con baja resistencia eléctricas, las cavidades de **SRF** puede generar altos campos eléctricos en su interior, esos campos se pueden usar para acelerar o desviar haces de partículas. Parte de mi investigación está enfocada en crear diseños más eficientes que nos

permitan construir y operar estos dispositivos. La fabricación de dichas estructuras involucra una serie de pasos complejos, donde la precisión y la limpieza (ausencia de contaminantes en la superficie) juegan un papel muy importante en este proceso. Diariamente, trabajo con diferentes expertos: científicos de materiales, ingenieros mecánicos, etc. Y no pasa un día sin que aprenda algo nuevo e interesante de mis colegas.

- El segundo tema, se refiere a estructuras de RF fabricadas de cobre de alta pureza, que sostiene rápidas oscilaciones del campo eléctrico, cuya polaridad cambia 10 billones de veces por segundo, esto es $\sim 12,000,000,000$ ciclos por segundo (~ 12 GHz). En estos campos de alta frecuencia, se crean potenciales eléctricos de hasta 100 MV (100, 000, 000 Voltios), cuando un haz de partículas está en sincronía con estos campos, sus electrones serán acelerados para su uso en futuros colisionadores y fuentes de luz compactas. Otras aplicaciones de este tipo de dispositivos son, terapias de radiación, cargo scanner, etc.

¿Por qué elegiste este tema de investigación?

Me empezó a interesar el área de aceleradores, cuando empecé mi trabajo de maestría con el Dr. Mauro Napsuciale en la universidad de Guanajuato. En ese entonces, realice mi tesis en “Dispersión de Compton inversa”, donde después de algunos cálculos básicos del régimen cinemático, propusimos un experimento donde se puede incrementar la energía de los fotones de un láser haciéndolos colisionar con un haz energético de electrones. Fuentes de luz que trabajan bajo ese principio son llamadas: fuentes de Compton. Después de mi maestría, tuve la suerte de ir al Jefferson National Accelerator Facility (JLab) [3] en Virginia, para realizar mi doctorado. Al comienzo pensaba trabajar en fuentes de Compton. Pero al mismo tiempo, estuve expuestos a varios aspectos de la física de aceleradores, incluyendo radiofrecuencias y de manera más específica, tecnología **SRF**, debido a que JLab es uno de los líderes mundiales en **SRF**. Así comencé a trabajar en el tema que estado desarrollando desde hace más de 10 años.



Figura 2. Dr. Castilla y M.S. K Turaj (CERN/BE-RF-SRF) haciendo test de RF en el túnel del LHC. Cortesía de Daniel Valuch, CERN.

Actualmente, ¿cuál es el mayor reto que has encontrado en tu trabajo?

El reto más grande en mi campo es diseñar cavidades más eficientes y robustas. La reducción de precios en la fabricación y operación resultarán en aceleradores más compactos que podrán instalarse en edificios más pequeños para tratamientos médicos. Un mejor entendimiento de los principios físicos básicos asociados con estos dispositivos, permitirán operaciones más estables y con menos mantenimiento. También, el estudio de materiales superconductores de alta temperatura, y el abaratamiento de los procesos de diseños son muy importantes en este sentido. Por lo que hay una gran variedad de temas de investigación y desarrollo.

¿Cuál piensas que sea el futuro de tu área de investigación?

Existen muchos temas interesantes en esta área. Por ejemplo, la aceleración usando “wake field plasma”, donde un haz de partículas genera oscilaciones o “wake fields” en el plasma al pasar a través de ella. De manera análoga a las olas que generar un bote en el mar, la energía en esas “olas” se usa para acelerar las partículas de un segundo haz. Actualmente, el problema más grande es la estabilidad en el plasma, debido a la complejidad de la dinámica en estos sistemas. La aceleración de láseres en dieléctricos es otro tema importante, aun cuando todavía está en etapa de desarrollo. En pocas palabras, existen una gran oportunidad para el desarrollo de cavidades de radiofrecuencia para fabricar dispositivos más baratos, sin embargo, si podemos cambiar la naturaleza de los aceleradores buscando alternativas para incrementar la energía de las partículas cargadas, sería muy emocionantes y estamos esperando con ansias su implementación en los futuros de aceleradores.

Referencias

[1] H. Padamsee, et al., *RF Superconductivity for Accelerators*, John Wiley & Sons, 2008.

[2] CERN main page <https://home.cern/>

[3] JLab main page <https://www.jlab.org/>