

# CINCO PREGUNTAS CON DR. JOEL SAUZA BEDOLLA

## Fabricación de Estructuras de RF: Un trabajo de ultra precisión

Para los proyectos de aceleradores de partículas presentes y futuros, como lo son el HL-LHC [1], CLIC [2], y ILC [3], se necesita equipo de última generación para poder alcanzar sus objetivos. Un ejemplo de esto son las estructuras de Radiofrecuencia (RF) para el proyecto CLIC, las cuales tienen una tolerancia de error de  $1\mu\text{m}$ , el cual es 100 veces menor que el grosor de un cabello humano. Para esta tarea se requiere técnicas de **ultra precisión** para la fabricación de dichos elementos.

### ¿Te puedes presentar?

Mi nombre es Joel Sauza Bedolla, de Morelia, Michoacán, y no estoy relacionado con la marca de Tequila. Obtuve mi Licenciatura en Ingeniería Industrial y mi maestría en Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico de Morelia (ahora, Tecnológico Nacional). En el 2009 me mudé a Italia, y un año más tarde comencé mi doctorado en Sistemas de Producción y Diseño Industrial en el Politécnico di Torino. Al terminar mi doctorado, trabajé como post-doc en el campo de ingeniería automotriz. Desde el 2017, empecé a trabajar con estructuras aceleradoras.



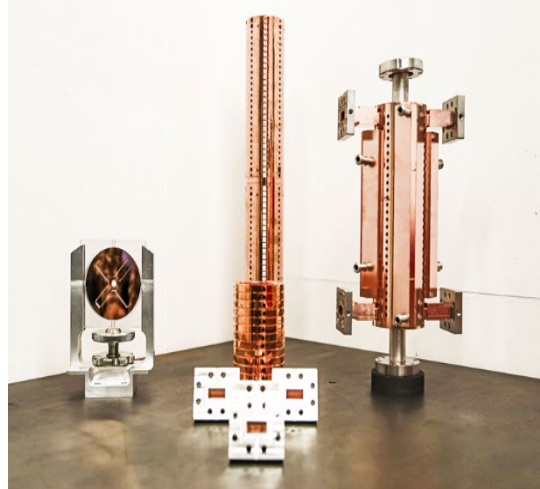
**Figura 1. Dr. Joel Sauza sosteniendo un disco de CLIC.**

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

Trabajo en la Universidad de Lancaster (UK) como post-doc. Sin embargo, mi trabajo está fuertemente ligado al CERN (Suiza) y al STFC (UK). Ahora participo

en un proyecto relacionado con cavidades aceleradoras de conducción normal y otro con cavidades superconductoras (SRF).

Para el primer tema, trabajo en el diseño mecánico, fabricación y ensamble de **ultra precisión** de estructuras de aceleración y componentes para el proyecto del colisionador lineal compacto (CLIC) [2]. La universidad de Lancaster está desarrollando tecnología de ultra precisión en el Reino Unido para el laser de electrones libres de rayos-X (UK-XFEL) [4]. Buscamos socios en la industria para la transferencia de tecnología y mejoras en las prácticas para la producción de cavidades de acelerador en el país.



**Figura 2. De izquierda a derecha y de abajo hacia arriba: Disco de CLIC, guías de onda, una pila completa y una parcial de discos de estructuras de banda X.**

Para el ultimo proyecto, soy responsable de la fabricación de la cámara de vacío exterior (OVC) del módulo criogénico de las cavidades CRAB del proyecto HL-LHC [1]. La OVC será ensamblada en el STFC/Daresbury, Reino Unido y finalmente se instalará en el SPS del CERN para hacer pruebas. En mi día a día, interactúo con proveedores, CERN (para la aceptación de partes) y STFC (para la coordinación del envío y la secuencia de ensamble).

### **¿Por qué elegiste este tema de investigación?**

Después de trabajar por cinco años en la universidad en un tema diferente. Estaba buscando un reto nuevo. Apliqué a un fellowship en CERN y fui elegido para el proyecto CLIC. Por lo que yo no elegí, fui elegido. Estoy muy contento que fuera de esa manera. El disco de CLIC es uno de los componentes mecánicos más precisos del mundo. Tiene tolerancias dimensionales de  $\pm 1 \mu\text{m}$ , una tolerancia de forma de  $4 \mu\text{m}$ , y una rugosidad (Ra) de 0.025. Para lograr esas tolerancias, el disco de cobre electrónico libre de oxígeno requiere ser maquinado con un diamante de **ultra precisión**. El ensamblado es hecho mediante unión por

difusión y soldadura fuerte al vacío. Todos estos procesos de fabricación utilizan tecnología de punta.

La transición a tecnología de SRF llegó con mi nuevo trabajo en la Universidad de Lancaster, la cual trabaja con tecnología de conducción normal y superconductora de cavidades de aceleración. La OVC requiere maquinado tradicional y soldadura de TIG. El material (acero

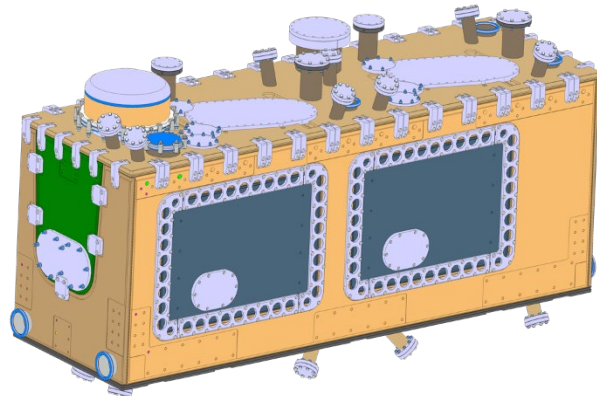


Figura 3. El modelo 3D del OVC 3D en la configuración de pruebas de fugas

inoxidable) y dimensiones totalmente diferentes (2.5 m x 1 m x 1 m) con respecto a CLIC. Sin embargo, su fabricación es igualmente complicada. Este es un tanque que opera a ultra-alto vacío ( $1.0E-07$  mbar) y a temperaturas de criogenia (2-80 °K). Lo cual significa que su producción deber ser monitoreada (incluyendo el material utilizado) y que todo el ensamble deber ser hermético.

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

Con respecto al proyecto de cavidades resistivas, CERN solo cuenta con cuatro compañías certificada para la fabricación de **ultra precisión** y solo tres para su ensamble. Durante mi tiempo en el CERN, contacte más de 30 compañías que trabajan en tecnología de punta. Y hasta el día de hoy, ninguna de ellas ha podido producir un solo disco bueno o realizar con éxito un ensamble completo. El riesgo de no encontrar una compañía que pueda realizar este trabajo es grande. Sin embargo, ahora se me permite trabajar de manera mas cercana con las compañías.



Figura 4. Disco de CLIC.

En el 2017, un prototipo de cavidad CRAB ha sido fabricado en el CERN e instalado en el SPS para hacer pruebas. El prototipo con el que trabajo es diferente al que fue hecho en el CERN. Cuando estas fabricando piezas por primera vez, te vas adentrando a los detalles de los dibujos, las especificaciones técnicas, los estándares internacionales, y la secuencia de ensamblaje. Todo esto, a contra reloj para enviar los componentes a tiempo. ¡Todos los días es una

prueba! Esto es algo inevitable, identificamos errores, o encontramos problemas. Lo importante es no entrar en pánico y buscar la mejor solución. Una vez que este prototipo esté terminado, debemos producir cuatro módulos criogénicos más. De nuevo habrá pequeñas diferencias con respecto al prototipo y otra vez es como construir a producto totalmente diferente.

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

Después de la reunión de la estrategia europea para física de partículas, el futuro del proyecto CLIC no parece promisorio, ya que el CERN ha decidido seguir adelante con el proyecto del futuro colisionador circular (FCC) [5]. Sin embargo, la tecnología de conductores resistivos es cada día más usada en linacs médicos, escaneo de cargamentos y por otros laboratorios para desarrollar linacs (por ejemplo, FELs). La tecnología es lo suficientemente madura, pero siempre hay espacio para mejorar. Las cavidades de aceleración pueden ser más baratas y robustas.

Por otro lado, el futuro de la tecnología de SRF luce prometedor. Lo más probable, es que el proyecto del ILC [3] en Japón reciba luz verde. El proyecto FCC mencionado, ahora esta en estudios de factibilidad. Ambos proyectos todavía necesitan demostrar aspectos tecnológicos: la reproducibilidad de cavidades para el ILC y el desarrollo de magnetos de 16 T para el FCC. Esto significa la fabricación y la prueba de prototipos es requerida.

### **Referencias**

[1] CERN, <https://hilumilhc.web.cern.ch/>

[2] CERN, <https://clic.cern/>.

[3] ILC, <https://linearcollider.org/>

[4] Science and Technology Facilities Council, "UK XFEL science case," UK Research and Innovation, 2020.

[5] CERN, <https://fcc.web.cern.ch/Pages/default.aspx>